

日 本 国 特 許 庁  
JAPAN PATENT OFFICE

別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office.

出 願 年 月 日            2 0 0 2 年 1 1 月 1 1 日  
Date of Application:

出 願 番 号            特 願 2 0 0 2 - 3 2 7 1 6 4  
Application Number:  
[ST. 10/C]:            [ J P 2 0 0 2 - 3 2 7 1 6 4 ]

出 願 人            新科實業有限公司  
Applicant(s):        T D K 株式会社

2 0 0 3 年   8 月   7 日

特許庁長官  
Commissioner,  
Japan Patent Office

今 井 康 夫



出証番号   出証特 2 0 0 3 - 3 0 6 3 5 7 1

【書類名】 特許願

【整理番号】 TD04392

【提出日】 平成14年11月11日

【あて先】 特許庁長官殿

【国際特許分類】 G11B 05/39

【発明者】

    【住所又は居所】 長野県佐久市小田井 5 4 3

    【氏名】 的野 直人

【発明者】

    【住所又は居所】 東京都中央区日本橋一丁目 1 3 番 1 号 ティーディーケイ株式会社内

    【氏名】 六本木 哲也

【発明者】

    【住所又は居所】 東京都中央区日本橋一丁目 1 3 番 1 号 ティーディーケイ株式会社内

    【氏名】 太田 憲和

【特許出願人】

    【識別番号】 500393893

    【氏名又は名称】 新科實業有限公司

【特許出願人】

    【識別番号】 000003067

    【氏名又は名称】 ティーディーケイ株式会社

【代理人】

    【識別番号】 100109656

    【弁理士】

    【氏名又は名称】 三反崎 泰司

## 【代理人】

【識別番号】 100098785

【弁理士】

【氏名又は名称】 藤島 洋一郎

## 【手数料の表示】

【予納台帳番号】 019482

【納付金額】 21,000円

## 【提出物件の目録】

【物件名】 明細書 1

【物件名】 図面 1

【物件名】 要約書 1

【プルーフの要否】 要

【書類名】 明細書

【発明の名称】 薄膜磁気ヘッドおよびその製造方法

【特許請求の範囲】

【請求項 1】 所定の媒体進行方向に移動する記録媒体に対向する記録媒体対向面から後退するように配設されたヨーク層と、

このヨーク層の前記媒体進行方向における媒体流出側に、前記記録媒体対向面に露出するように配設された磁極層と

を備え、

前記磁極層の一部が、前記ヨーク層の一部と接続されている

ことを特徴とする薄膜磁気ヘッド。

【請求項 2】 前記ヨーク層が、前記記録媒体対向面よりも後退した第 1 の位置から後方の第 2 の位置まで延在し、

前記磁極層が、前記記録媒体対向面から前記第 2 の位置まで延在すると共に前記ヨーク層の幅よりも小さな幅を有している

ことを特徴とする請求項 1 記載の薄膜磁気ヘッド。

【請求項 3】 前記ヨーク層が、前記記録媒体対向面よりも後退した第 1 の位置から後方の第 2 の位置まで延在し、

前記磁極層が、前記記録媒体対向面から前記第 1 の位置と前記第 2 の位置との間の第 3 の位置まで延在している

ことを特徴とする請求項 1 記載の薄膜磁気ヘッド。

【請求項 4】 前記ヨーク層が、

前記磁極層に接続された部分を有する接続部分と、

この接続部分の幅よりも大きな幅を有するヨーク拡幅部分と

を有することを特徴とする請求項 3 記載の薄膜磁気ヘッド。

【請求項 5】 さらに、磁束を発生させる薄膜コイルを備え、

その薄膜コイルが、前記ヨーク層のうちの前記記録媒体対向面から遠い側の一端部分を中心として巻回された巻線構造を有しており、

前記ヨーク層のうちの、前記一端部分の端面の面積を  $S_E$  とし、前記記録媒体対向面に平行な前記接続部分の断面の面積を  $S_D$  としたとき、面積比  $S_D / S_E$  が

0.008 ≤ SD / SE ≤ 0.3 以下の範囲内である

ことを特徴とする請求項4記載の薄膜磁気ヘッド。

【請求項6】 前記ヨーク層のうちの前記磁極層と接続された部分以外の部分の少なくとも一部に窪みが設けられている

ことを特徴とする請求項1ないし請求項5のいずれか1項に記載の薄膜磁気ヘッド。

【請求項7】 前記磁極層が、  
前記記録媒体対向面に露出すると共に前記記録媒体の記録トラック幅を規定する一定幅を有する一定幅部分と、  
この一定幅部分の幅よりも大きな幅を有する磁極拡幅部分と  
を有することを特徴とする請求項1ないし請求項6のいずれか1項に記載の薄膜磁気ヘッド。

【請求項8】 さらに、  
前記磁極層の前記媒体流出側に、前記記録媒体対向面から後退するように配設された補助磁極層を備えた  
ことを特徴とする請求項1ないし請求項7のいずれか1項に記載の薄膜磁気ヘッド。

【請求項9】 前記磁極層が、前記記録媒体をその表面と直交する方向に磁化させるための磁束を放出するように構成されている  
ことを特徴とする請求項1ないし請求項8のいずれか1項に記載の薄膜磁気ヘッド。

【請求項10】 所定の媒体進行方向に移動する記録媒体に対向する記録媒体対向面から後退するようにヨーク層を形成する工程と、  
このヨーク層の前記媒体進行方向における媒体流出側に、前記記録媒体対向面に露出するように磁極層を形成する工程と  
を含み、  
前記磁極層の一部を、前記ヨーク層の一部と接続させるようにする  
ことを特徴とする薄膜磁気ヘッドの製造方法。

【請求項11】 前記ヨーク層を形成する工程が、

前駆ヨーク層パターンを形成する工程と、

この前駆ヨーク層パターンを覆うように前駆磁極層を形成する工程と、

この前駆磁極層をエッチングしてパターンニングすることにより前記磁極層を形成すると共に、引き続き、前記前駆ヨーク層パターンのうちの前記磁極層と接続されることとなる部分以外の部分の少なくとも一部を連続的にエッチングして窪ませることにより前記ヨーク層を形成する工程と

を含むことを特徴とする請求項 10 記載の薄膜磁気ヘッドの製造方法。

#### 【発明の詳細な説明】

##### 【0001】

##### 【発明の属する技術分野】

本発明は、少なくとも記録用の誘導型磁気変換素子を備えた薄膜磁気ヘッドおよびその製造方法に関する。

##### 【0002】

##### 【従来の技術】

近年、例えばハードディスクなどの磁気記録媒体（以下、単に「記録媒体」という）の面記録密度の向上に伴い、薄膜磁気ヘッドの性能向上が求められている。薄膜磁気ヘッドに適用される磁気記録方式としては、例えば、信号磁界の向きを記録媒体の面内方向（長手方向）にする長手記録方式と、記録媒体の面に対して直交する方向にする垂直記録方式とが知られている。現在のところは長手記録方式が広く利用されているが、面記録密度の向上に伴う市場動向を考慮すれば、今後は長手記録方式に代わり垂直記録方式が有望視されるものと想定される。なぜなら、垂直記録方式では、高い線記録密度を確保可能な上、記録済みの記録媒体が熱揺らぎの影響を受けにくいという利点が得られるからである。

##### 【0003】

垂直記録方式を利用した記録態様としては、例えば、（１）一端側においてギャップを挟んで互いに対向し、かつ他端側において互いに磁氣的に連結されたヘッド（リング型ヘッド）と、主要部が単層膜構成の記録媒体とを用いる態様や、（２）記録媒体に対して垂直に配置されたヘッド（単磁極型ヘッド）と、主要部が２層膜構成の記録媒体とを用いる態様が提案されている。これらの態様のうち

、単磁極型ヘッドと 2 層膜構成の記録媒体との組み合わせを用いる態様は、熱揺らぎに対する耐性が顕著に優れている点に基づき、薄膜磁気ヘッドの性能向上を実現し得るものとして注目されている。

#### 【 0 0 0 4 】

垂直記録方式を利用した単磁極型の薄膜磁気ヘッドとしては、例えば、薄膜コイルを覆うように配設されたヨーク層上に、このヨーク層と接続されるように磁極層が配設された構成を有するものが知られている。薄膜コイルは、記録用の磁束を発生させるためのものであり、ヨーク層のうちのエアベアリング面から遠い側の一端部（バックギャップ）を中心として巻回する巻線構造を有している。この薄膜磁気ヘッドでは、薄膜コイルにおいて磁束が発生すると、その磁束がヨーク層を経由して磁極層に流入したのち、その磁極層の先端から外部に放出される。この放出磁束に基づいて記録用の磁界（垂直磁界）が発生し、この垂直磁界により記録媒体の表面が選択的に磁化されるため、記録媒体に情報が磁氣的に記録される。

#### 【 0 0 0 5 】

##### 【発明が解決しようとする課題】

ところで、垂直記録方式の薄膜磁気ヘッドに関して安定かつ高性能な記録動作を確保するためには、例えば、磁極層の先端に過剰な磁束が供給されないように、ヨーク層から磁極層に至る磁束の流れを適正に制御する必要がある。なぜなら、磁極層の先端に過剰な磁束が供給され、その磁極層の先端以外の部分、すなわち本来磁束を放出すべきでない先端周辺部分から外部に不要な磁束が放出されると、その不要な磁束に基づいて発生した磁界（漏洩磁界）に起因して、記録媒体に記録されていた情報が記録時に意図せずに上書きされるおそれがあるからである。

#### 【 0 0 0 6 】

しかしながら、従来の垂直記録方式の薄膜磁気ヘッドでは、ヨーク層から磁極層に至る磁束の流れが適正に制御されていないと、例えば薄膜コイルにおいて発生する磁束の発生量などの条件によっては、漏洩磁界に起因して記録時に意図しない情報の上書きが生じ得るという問題があった。この問題は薄膜磁気ヘッドの

信頼性に大きな影響を及ぼすため、早急な対応策が必要とされる。

#### 【0 0 0 7】

なお、本発明と同様に、安定かつ高性能な記録動作を確保することを目的とした薄膜磁気ヘッドとしては、既にいくつかの構成のものが知られている。

#### 【0 0 0 8】

具体的には、例えば、高周波記録動作を確保し得る薄膜磁気ヘッドとしては、記録ギャップ層に近い側の層が高飽和磁束密度材により構成された積層構造を有する第一の磁性部材と、記録ギャップ層に近い側の層が高飽和磁束密度材により構成された積層構造を有する第二の磁性部材と、これらの第一および第二の磁性部材と磁気回路を構成すると共に、外側磁性膜が高透磁率材により構成され、かつ内側磁性膜が高比抵抗材により構成された積層構造を有する第三の磁性部材とを含む構成のものが知られている（例えば、特許文献 1 参照。）。また、高周波特性を確保し得る薄膜磁気ヘッドとしては、下部コア層と、記録ギャップ層と、上部第一の磁性層および上部第二の磁性層よりなる上部コア層とを含み、トラック幅寸法の高精細加工を可能とし、かつ、上部第一および第二の磁性層の接続領域の形状に基づいて渦電流の発生を軽減し得る構成のものが知られている（例えば、特許文献 2 参照。）。しかしながら、これらの薄膜磁気ヘッドは長手記録方式を利用したものであり、しかも、これらの薄膜磁気ヘッドでは、意図しない情報の上書きが生じないように上部コア層内の磁束の流れを制御し得るかが定かでない。

#### 【0 0 0 9】

##### 【特許文献 1】

特開 2 0 0 1 - 2 9 7 4 0 9 号公報

##### 【特許文献 2】

特開 2 0 0 2 - 8 2 0 9 号公報

#### 【0 0 1 0】

また、例えば、ヨーク層から主磁極層への磁束の通過効率を向上し得る垂直記録方式の薄膜磁気ヘッドとしては、ヨーク層の傾斜または湾曲した前端面上に主磁極層が配設された構成のものが知られている（例えば、特許文献 3 参照。）。



この薄膜磁気ヘッドによれば、主磁極層を所定形状で適切にメッキ形成できると共に、ヨーク層から主磁極層への磁束の通過効率を向上させることが可能になる。しかしながら、この薄膜磁気ヘッドは、ヨーク層から主磁極層への磁束の通過効率を向上させることにより、ヨーク層から外部への磁束の漏れを抑制するために磁束の流れを制御するものであり、主磁極層の先端周辺から外部への磁束漏れを抑制するために磁束の流れを制御するものではない。

【 0 0 1 1 】

【特許文献 3】

特開 2 0 0 2 - 1 9 7 6 1 1 号公報

【 0 0 1 2 】

また、例えば、再生波形の信号品質を向上し得る垂直記録方式の薄膜磁気ヘッドとしては、主磁極と、励磁用のコイルと、主磁極対向部分が切欠かれたリターンヨークとを備えた構成のものが知られている（例えば、特許文献 4 参照。）。しかしながら、この薄膜磁気ヘッドでは、意図しない情報の上書きが生じないように主磁極内の磁束の流れを制御し得るかが定かでない。

【 0 0 1 3 】

【特許文献 4】

特開平 6 - 1 8 0 8 1 0 号公報

【 0 0 1 4 】

また、例えば、コイル層から誘導された磁束を主磁極層の端面に適切に導き得る垂直記録方式の薄膜磁気ヘッドとしては、補助磁極層と、平坦な絶縁層上に配設された主磁極層と、この主磁極層上に配設されたヨーク層とを備え、主磁極層の前端面の幅寸法が、補助磁極層から離れるにしたがってトラック幅方向へ広がる構成のものが知られている（例えば、特許文献 5 参照。）。しかしながら、この薄膜磁気ヘッドでは、意図しない情報の上書きが生じないように主磁極層内の磁束の流れを制御し得るかが定かでない。

【 0 0 1 5 】

【特許文献 5】

特開 2 0 0 2 - 1 9 7 6 1 5 号公報

## 【 0 0 1 6 】

本発明はかかる問題点に鑑みてなされたもので、その第 1 の目的は、ヨーク層から磁極層に至る磁束の流れを適正に制御し、記録時における意図しない情報の上書きを防止することが可能な薄膜磁気ヘッドを提供することにある。

## 【 0 0 1 7 】

また、本発明の第 2 の目的は、本発明の薄膜磁気ヘッドを容易に製造することが可能な薄膜磁気ヘッドの製造方法を提供することにある。

## 【 0 0 1 8 】

## 【課題を解決するための手段】

本発明の薄膜磁気ヘッドは、所定の媒体進行方向に移動する記録媒体に対向する記録媒体対向面から後退するように配設されたヨーク層と、このヨーク層の媒体進行方向における媒体流出側に、記録媒体対向面に露出するように配設された磁極層とを備え、磁極層の一部が、ヨーク層の一部と接続されているものである。

## 【 0 0 1 9 】

本発明の薄膜磁気ヘッドの製造方法は、所定の媒体進行方向に移動する記録媒体に対向する記録媒体対向面から後退するようにヨーク層を形成する工程と、このヨーク層の媒体進行方向における媒体流出側に、記録媒体対向面に露出するように磁極層を形成する工程とを含み、磁極層の一部を、ヨーク層の一部と接続させるようにしたものである。

## 【 0 0 2 0 】

本発明の薄膜磁気ヘッドまたはその製造方法では、磁極層の一部がヨーク層の一部と接続されているため、ヨーク層に収容された大量の磁束が磁極層に流入する際、その大量の磁束が絞り込まれる。

## 【 0 0 2 1 】

本発明の薄膜磁気ヘッドでは、ヨーク層が、記録媒体対向面よりも後退した第 1 の位置から後方の第 2 の位置まで延在し、磁極層が、記録媒体対向面から第 2 の位置まで延在すると共にヨーク層の幅よりも小さな幅を有しているようにしてもよい。

## 【0022】

また、本発明の薄膜磁気ヘッドでは、ヨーク層が、記録媒体対向面よりも後退した第1の位置から後方の第2の位置まで延在し、磁極層が、記録媒体対向面から第1の位置と第2の位置との間の第3の位置まで延在しているようにしてもよい。この薄膜磁気ヘッドでは、ヨーク層が、磁極層に接続された部分を有する接続部分と、この接続部分の幅よりも大きな幅を有するヨーク拡幅部分とを有するようにしてもよい。この場合には、特に、さらに、磁束を発生させる薄膜コイルを備え、その薄膜コイルが、ヨーク層のうちの記録媒体対向面から遠い側の一端部分を中心として巻回された巻線構造を有しており、ヨーク層のうち、一端部分の端面の面積を $S_E$ とし、記録媒体対向面に平行な接続部分の断面の面積を $S_D$ としたとき、面積比 $S_D/S_E$ が $0.008 \leq S_D/S_E \leq 0.3$ 以下の範囲内であるのが好ましい。

## 【0023】

また、本発明の薄膜磁気ヘッドでは、ヨーク層のうちの磁極層と接続された部分以外の部分の少なくとも一部に窪みが設けられているのが好ましい。

## 【0024】

また、本発明の薄膜磁気ヘッドでは、磁極層が、記録媒体対向面に露出すると共に記録媒体の記録トラック幅を規定する一定幅を有する一定幅部分と、この一定幅部分の幅よりも大きな幅を有する磁極拡幅部分とを有するようにしてもよい。

## 【0025】

また、本発明の薄膜磁気ヘッドでは、さらに、磁極層の媒体流出側に、記録媒体対向面から後退するように配設された補助磁極層を備えるようにしてもよい。

## 【0026】

また、本発明の薄膜磁気ヘッドでは、磁極層が、記録媒体をその表面と直交する方向に磁化させるための磁束を放出するように構成されているのが好ましい。

## 【0027】

本発明の薄膜磁気ヘッドの製造方法では、ヨーク層を形成する工程が、前駆ヨーク層パターンを形成する工程と、この前駆ヨーク層パターンを覆うように前駆

磁極層を形成する工程と、この前駆磁極層をエッチングしてパターンニングすることにより磁極層を形成すると共に、引き続き、前駆ヨーク層パターンのうちの磁極層と接続されることとなる部分以外の部分の少なくとも一部を連続的にエッチングして窪ませることによりヨーク層を形成する工程とを含むようにしてもよい。

#### 【0028】

##### 【発明の実施の形態】

以下、本発明の実施の形態について、図面を参照して詳細に説明する。

#### 【0029】

##### [第1の実施の形態]

まず、図1を参照して、本発明の第1の実施の形態に係る薄膜磁気ヘッドの構成について説明する。図1は薄膜磁気ヘッドの断面構成を表しており、(A)はエアベアリング面に平行な断面を示し、(B)はエアベアリング面に垂直な断面を示している。なお、図1に示した上向きの矢印Bは、薄膜磁気ヘッドに対して記録媒体(図示せず)が相対的に進行する方向、すなわち記録媒体の進行方向(媒体進行方向)を表している。

#### 【0030】

以下の説明では、図1中におけるX軸方向の寸法を「幅」、Y軸方向の寸法を「長さ」、Z軸方向の寸法を「厚さ」とそれぞれ表記する。また、Y軸方向のうちのエアベアリング面に近い側を「前方」、その反対側を「後方」とそれぞれ表記する。これらの表記内容は、後述する図2以降においても同様とする。

#### 【0031】

この薄膜磁気ヘッドは、例えば、記録・再生の双方の機能を実行可能な複合型ヘッドであり、ハードディスクドライブなどの磁気記録再生装置に搭載されるものである。この薄膜磁気ヘッドは、図1に示したように、例えばアルティック ( $\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot \text{TiC}$ ) よりなる基板1上に、例えば酸化アルミニウム ( $\text{Al}_2\text{O}_3$  ; 以下、単に「アルミナ」という。) よりなる絶縁層2と、磁気抵抗効果 (MR ; Magneto-resistive) を利用して再生処理を実行する再生ヘッド部100Aと、例えばアルミナよりなる非磁性層7と、垂直記録方式を利用して記録処理を

実行する単磁極型の記録ヘッド部 100B と、例えばアルミナよりなるオーバーコート層 13 とがこの順に積層された構成をなしている。

#### 【0032】

再生ヘッド部 100A は、例えば、下部シールド層 3 と、シールドギャップ膜 4 と、上部シールド層 5 とがこの順に積層された構成をなしている。シールドギャップ膜 4 には、例えばハードディスクなどの記録媒体に対向する記録媒体対向面（エアベアリング面）20 に一端面が露出するように、再生素子としての MR 素子 6 が埋設されている。

#### 【0033】

下部シールド層 3 および上部シールド層 5 は、例えば、いずれもニッケル鉄合金（NiFe（例えば Ni：80 重量%，Fe：20 重量%）；以下、単に「パーマロイ（商品名）」という。）により構成されており、シールドギャップ膜 4 は、例えば、アルミナにより構成されている。MR 素子 6 は、例えば、巨大磁気抵抗効果（GMR；Giant Magneto-resistance）やトンネル磁気抵抗効果（TMR；Tunneling Magneto-resistance）などを利用して再生処理を実行するものである。

#### 【0034】

記録ヘッド部 100B は、例えば、リターンヨーク層 8 と、開口 9K を有するギャップ層 9 により埋設された磁束発生用の薄膜コイル 10 と、開口 9K においてリターンヨーク層 8 に接続されたヨーク層 11 と、このヨーク層 11 に接続された磁極層 12 とがこの順に積層された構成をなしている。上記した「接続」とは、物理的に接触し、かつ磁氣的に連結していることを意味している。ギャップ層 9 は、リターンヨーク層 8 上に配設され、開口 9K が設けられたギャップ層部分 9A と、このギャップ層部分 9A 上に、薄膜コイル 10 の各巻線間およびその周辺領域を覆うように配設されたギャップ層部分 9B と、ギャップ層部分 9A，9B と共に薄膜コイル 10 を覆うように配設されたギャップ層部分 9C とを含んで構成されている。磁極層 12 は、ギャップ層部分 9C とヨーク層 11 とにより構成された平坦面 F 上に配設されている。

#### 【0035】

リターンヨーク層 8、ヨーク層 11 および磁極層 12 は、例えば、いずれもパーマロイにより構成されている。ギャップ層 9 のうち、例えば、ギャップ層部分 9A はアルミナにより構成され、ギャップ層部分 9B はフォトレジスト（感光性樹脂）やスピノングラス（SOG）により構成され、ギャップ層部分 9C はアルミナやシリコン酸化物（ $\text{SiO}_2$ ）により構成されている。

#### 【0036】

次に、図 1～図 3 を参照して、薄膜磁気ヘッドの要部の詳細な構成について説明する。図 2 は図 1 に示した薄膜磁気ヘッドの要部（ヨーク層 11 および磁極層 12）の平面構成を拡大して表しており、図 3 は図 2 に示した薄膜磁気ヘッドの要部の斜視構成を表している。

#### 【0037】

ヨーク層 11 は、主に、薄膜コイル 10 において発生した磁束を収容し、その磁束を磁極層 12 に供給するためのものであり、薄膜コイル 10 を覆うと共にエアベアリング面 20 から後退するように配設されている。具体的には、ヨーク層 11 は、図 2 に示したように、エアベアリング面 20 よりも後退した位置 P1（第 1 の位置）から、この位置 P1 よりも後方の位置 P2（第 2 の位置）まで延在しており、一定幅 W2 を有している。すなわち、ヨーク層 11 の平面形状は、例えば、矩形状をなしている。なお、上記したように、ヨーク層 11 のうちのエアベアリング面 20 から遠い側の一端部分（バックギャップ）11E はリターンヨーク層 8 と磁氣的に連結されており、薄膜コイル 10 は、そのヨーク層 11 の一端部分 11E を中心として巻回された巻線構造を有している。

#### 【0038】

磁極層 12 は、主に、ヨーク層 11 に収容された磁束を記録媒体に向けて放出し、記録媒体をその表面と直交する方向に磁化させるためのものであり、エアベアリング面 20 に露出するように配設されている。具体的には、磁極層 12 は、エアベアリング面 20 の位置 P0 から、位置 P1 と位置 P2 との間の位置 P3（第 3 の位置）まで延在している。この磁極層 12 は、例えば、位置 P0 から位置 P3 に向かって順に、記録媒体の記録トラック幅を規定する一定幅 W3 を有する先端部 12A と、この先端部 12A の幅 W3 よりも大きな幅 W4（ $W4 > W3$ ）

を有する後端部 12B とを含んで構成されている。この後端部 12B は、例えば、後方においてヨーク層 11 の幅  $W2$  よりも大きな幅  $W4$  ( $W4 > W2$ ) を有し、かつ、前方において先端部 12A に近づくにしたがって次第に幅が狭まるように構成されている。先端部 12A と後端部 12B との連結位置は、磁極層 12 の幅が  $W4$  から  $W3$  に狭まる位置、すなわちフレアポイント FP である。ここで、磁極層 12 のうちの先端部 12A が本発明（請求項 7）における「一定幅部分」の一具体例に対応し、後端部 12B が本発明（請求項 7）における「磁極拡幅部分」の一具体例に対応する。

#### 【0039】

上記したように、磁極層 12 は、ヨーク層 11 上、すなわち、ヨーク層 11 の、記録媒体の進行方向 B における媒体流出側に配設されており、その磁極層 12 のうちの後端部 12B の一部が、ヨーク層 11 のうちの先端部 11A の一部とオーバーラップして接続されている。すなわち、図 2 に示したように、ヨーク層 11 と磁極層 12 とを接続する接続面 AM の面積  $S_A$  は、ヨーク層 11 の平面形状の面積よりも小さくなっている。上記した「媒体流出側（またはトレーリング側ともいう。）」とは、記録媒体の進行方向 B に向かう記録媒体の移動状態を 1 つの流れと見た場合に、その流れの流出する側をいい、具体的には、ここでは厚さ方向（Z 軸方向）における上側を指す。なお、「媒体流出側」に対して、流れの流入する側、すなわち厚さ方向における下側は、「媒体流入側（またはリーディング側ともいう。）」と呼ばれる。図 3 に示したように、ヨーク層 11 のうちの一端部分 11E の端面（リターンヨーク層 8 と磁気的に連結されている端面）EM の面積を  $S_E$  とし、磁極層 12 のうちの先端部 12A の断面（エアベアリング面 20 に平行な断面）TM の面積を  $S_T$  とすると、面積  $S_T$  は面積  $S_E$  よりも小さくなっている ( $S_T < S_E$ )。なお、図 3 では、接続面 AM、端面 EM および断面 TM を見やすくするために、これらの面に網掛けを施している。

#### 【0040】

次に、図 1～図 3 を参照して、薄膜磁気ヘッドの動作について説明する。

#### 【0041】

この薄膜磁気ヘッドでは、情報の記録動作時において、図示しない外部回路か

ら記録ヘッド部 1 0 0 B の薄膜コイル 1 0 に電流が流れると、この薄膜コイル 1 0 のうち、主に、ヨーク層 1 1 のうちの一端部分 1 1 E 近傍において集中的に磁束が発生する。この磁束は、ヨーク層 1 1 に収容されたのち、そのヨーク層 1 1 から接続面 A M を通じて磁極層 1 2 に流入する。この磁極層 1 2 に流入した磁束は、後端部 1 2 B から先端部 1 2 A に流れる際にフレアポイント F P において幅方向に絞り込まれたのち、その先端部 1 2 A の先端から外部に放出される。この放出磁束に基づいて記録用の信号磁界（垂直磁界）が発生し、この垂直磁界により記録媒体がその表面と直交する方向に磁化されるため、記録媒体に情報が磁氣的に記録される。

#### 【 0 0 4 2 】

一方、再生時においては、再生ヘッド部 1 0 0 A の M R 素子 6 にセンス電流が流れると、その M R 素子 6 の抵抗値が、記録媒体からの再生用の信号磁界に応じて変化する。この抵抗変化がセンス電流の変化として検出されることにより、記録媒体に記録されている情報が磁氣的に読み出される。

#### 【 0 0 4 3 】

次に、図 1 ～図 3 を参照して、薄膜磁気ヘッドの製造方法について説明する。なお、薄膜磁気ヘッドの製造方法について説明する際には、各構成要素の形成材料、形成位置および構造的特徴等については既に詳述したので、その説明を随時省略するものとする。

#### 【 0 0 4 4 】

この薄膜磁気ヘッドは、主に、めっき処理やスパッタリングなどの成膜技術、フォトリソグラフィ処理などのパターンニング技術、ならびにドライエッチングなどのエッチング技術等を含む薄膜プロセスを利用して、各構成要素を順次形成して積層させることにより製造される。すなわち、まず、基板 1 上に絶縁層 2 を形成したのち、この絶縁層 2 上に、下部シールド層 3 と、M R 素子 6 を埋設したシールドギャップ膜 4 と、上部シールド層 5 とをこの順に積層させることにより、再生ヘッド 1 0 0 A を形成する。

#### 【 0 0 4 5 】

続いて、再生ヘッド 1 0 0 A 上に非磁性層 7 を形成したのち、この非磁性層 7



上に、リターンヨーク層 8 と、薄膜コイル 10 を埋設したギャップ層 9 (9 A, 9 B, 9 C) と、ギャップ層部分 9 A に設けられた開口 9 K においてリターンヨーク層 8 と接続されたヨーク層 11 と、このヨーク層 11 に接続された磁極層 12 とをこの順に積層させることにより、記録ヘッド 100 B を形成する。磁極層 12 の形成手法としては、例えば、めっき膜をパターン成長させるようにしてもよいし、あるいは磁極層 12 を形成するための磁性層 (前駆磁極層) を形成したのち、この前駆磁極層をエッチングしてパターンニングするようにしてもよい。

#### 【0046】

最後に、記録ヘッド 100 B を覆うようにオーバーコート層 13 を形成したのち、機械加工や研磨加工を利用してエアベアリング面 20 を形成することにより、薄膜磁気ヘッドが完成する。

#### 【0047】

本実施の形態に係る薄膜磁気ヘッドでは、ヨーク層 11 の一部と磁極層 12 の一部とを接続させるようにしたので、以下の理由により、ヨーク層 11 から磁極層 12 に至る磁束の流れを適正に制御し、記録時における意図しない情報の上書きを防止することができる。

#### 【0048】

図 4 ~ 図 6 は、本実施の形態に係る薄膜磁気ヘッドに対する比較例としての薄膜磁気ヘッドの構成を表しており、それぞれ図 1 ~ 図 3 に対応している。この比較例の薄膜磁気ヘッドは、本実施の形態におけるヨーク層 11 および磁極層 12 (先端部 12 A, 後端部 12 B) にそれぞれ対応するヨーク層 111 および磁極層 112 (先端部 112 A, 後端部 112 B) を含んだ上、磁極層 112 が位置 P0 から位置 P2 まで延在している点を除き、本実施の形態と同様の構成を有している。なお、図 6 では、接続面 AM に網掛けを施している。

#### 【0049】

比較例では、磁極層 112 のうちの後端部 112 B の一部がヨーク層 111 全体に接続されているため、ヨーク層 111 と磁極層 112 とを接続する接続面 AM の面積 SA がヨーク層 111 の平面形状の面積に等しくなり、すなわち面積 SA が最大になる。この場合には、ヨーク層 111 から磁極層 112 へ磁束が流入

する際に流入口として機能する接続面AMが大きすぎるため、ヨーク層111に収容された大量の磁束が接続面AMを通じて磁極層112に流入し、その磁極層112の先端部112Aに過剰な磁束が供給される可能性がある。磁極層112の先端部112Aに過剰な磁束が供給されると、上記「発明が解決しようとする課題」の項において説明したように、漏洩磁界が発生し、この漏洩磁界に起因して記録時に意図しない情報の上書きが生じるおそれがある。

#### 【0050】

これに対して、本実施の形態では、磁極層12の一部がヨーク層11の一部と接続されており、ヨーク層11と磁極層12とを接続する接続面AMの面積SAがヨーク層11の平面形状の面積よりも小さくなっているため、磁極層112の一部がヨーク層111全体に接続している比較例の場合と比較して、接続面AMの面積が小さくなる。この場合には、ヨーク層11に収容された大量の磁束が接続面AMを通じて磁極層12に流入する際、その大量の磁束が接続面AMにおいて絞り込まれるため、磁極層12の先端部12Aに過剰な磁束が供給されずに、適正な量の磁束が供給される。したがって、本実施の形態では、接続面AMにおける磁束の絞り込み作用を利用して、ヨーク層11から磁極層12に至る磁束の流れが適正に制御されるため、記録時における意図しない情報の上書きが防止されるのである。

#### 【0051】

なお、本実施の形態では、ヨーク層11の一部と磁極層12の一部とを接続させ、接続面AMの面積SAをヨーク層11の平面形状の面積よりも小さくすることにより、ヨーク層11から磁極層12に至る磁束の流れを適正に制御し、記録時における意図しない情報の上書きを防止することが可能な限り、薄膜磁気ヘッドの構成を自由に変形可能である。

#### 【0052】

具体的には、本実施の形態では、図2に示したように、磁極層12のうちの後端部12Bの幅W4が、ヨーク層11の幅W2よりも大きくなるようにしたが（ $W4 > W2$ ）、必ずしもこれに限られるものではなく、例えば、図7に示したように、後端部12Bの幅W4が、ヨーク層11の幅W2以下であってもよい（W

4 ≤ W2)。図7では、例えば、幅W4が幅W2よりも小さい場合 (W4 < W2) を示している。なお、図7に示した薄膜磁気ヘッドに関する上記特徴以外の構成は、図2に示した場合と同様である。

#### 【0053】

また、図7に示した場合には、ヨーク層11が矩形状の平面形状を有するようにしたが、必ずしもこれに限られるものではなく、例えば、図2および図3にそれぞれ対応する図8および図9に示したように、ヨーク層11が略T字型の平面形状を有するようにしてもよい。このヨーク層11は、位置P1から位置P2に向かって順に、磁極層12のうちの先端部12Aの幅W3よりも大きな一定幅W1を有する先端部11Aと、この先端部11Aの幅W1よりも大きな幅W2 (W2 > W1) を有する後端部11Bとを含んで構成されている。この後端部11Bは、例えば、後方において一定幅W2を有し、かつ、前方において先端部11Aに近づくにしたがって次第に幅が狭まるように構成されている。ヨーク層11のうちの先端部11Aの断面（エアベアリング面20に平行な断面）DMの面積をSDとすると、面積ST、面積SDおよび面積SEはこの順に小さくなっており (ST < SD < SE)、特に、面積比SD/SEは0.008 ≤ SD/SE ≤ 0.3の範囲内、より好ましくは0.009 ≤ SD/SE ≤ 0.2の範囲内になっている。なお、図9では、端面EM、断面TMおよび断面DMに網掛けを施している。

#### 【0054】

図8および図9に示した構成の薄膜磁気ヘッドでは、略T字型の平面形状を有するヨーク層11の特徴的な構造に基づき、ヨーク層11から磁極層12に至る磁束の流れをより効果的に制御することができる。その理由は、以下の通りである。すなわち、このヨーク層11内を流れる磁束は、接続面AMを通じて磁極層12に流入する前に、後端部11Bから先端部11Aに流れる際にヨーク層11の幅の減少に応じて幅方向に絞り込まれる。このとき絞り込まれた磁束は、一定幅W1を有する先端部11A内を流れたのち、その絞り込み状態を維持したまま磁極層12に流入する。これにより、ヨーク層11内において一旦絞られ、磁束量の適正に制御された磁束が接続面AMを通じて磁極層12に流入することとな

るため、接続面AMを通過する際に初めて磁束が絞り込まれる本実施の形態の場合と比較して、接続面AMを通過する際の磁束の流れが安定化する。したがって、ヨーク層11から磁極層12に至る磁束の流れがより効果的に制御されるのである。この場合には、特に、 $0.008 \leq SD/SE \leq 0.3$ の範囲内となるように面積比 $SD/SE$ を適正化することにより、垂直磁界強度を確保しつつ、漏洩磁界強度を低減させることもできる。ここで、ヨーク層11のうちの先端部11Aが本発明（請求項4）における「接続部分」の一具体例に対応し、後端部11Bが本発明（請求項4）における「ヨーク拡幅部分」の一具体例に対応する。

#### 【0055】

また、例えば、図10に示したように、図8に示したヨーク層11の構成に関する変形例を図2に示したヨーク層11に適用し、すなわち図2に示した場合において、矩形状の平面形状を有するヨーク層11を、略T字型の平面形状を有するヨーク層11に置きかえるようにしてもよい。

#### 【0056】

また、図8に示した場合には、磁極層12のうちの後端部12Bの一部が、ヨーク層11のうちの先端部11Aの一部と接続されるようにしたが、必ずしもこれに限られるものではなく、ヨーク層11の一部と磁極層12の一部との連結状態を確保可能な限り、磁極層12に対する先端部11Aの接続範囲は自由に変更可能である。具体的には、例えば、図11に示したように、磁極層のうちの後端部12Bの一部が、ヨーク層11のうちの先端部11A全体に接続されるようにしてもよい。

#### 【0057】

また、図7に示した場合には、磁極層12が位置P0から位置P1と位置P2との間の位置P3まで延在するようしたが、必ずしもこれに限られるものではなく、例えば、図12に示したように、磁極層12のうちの後端部12Bの幅W4がヨーク層11の幅W2よりも小さければ（ $W4 < W2$ ）、その磁極層12が位置P0から位置P2まで延在するようにしてもよい。

#### 【0058】

また、本実施の形態では、例えば、図1～図3にそれぞれ対応する図13～図

15に示したように、磁極層12の媒体流出側（図中の上側）に、エアベアリング面20から後退し、フレアポイントFPから後方に向かって延在するように補助磁極層41を配設させてもよい。この補助磁極層41は、例えば、非磁性層42を挟んで磁極層12と積層されており、その非磁性層42により磁極層11から磁氣的に分離されていると共に、フレアポイントFPから後方に向かって順に、磁極層12のうちの先端部12Aと同一の一定幅を有する先端部41Aと、この先端部41Aの幅よりも大きな幅を有する後端部41Bとを含んで構成されている。非磁性層42は、例えば、アルミナなどの非磁性材料により構成されており、磁極層12と同一の平面形状を有している。なお、先端部41Aは必ずしも先端部12Aの幅と同一の幅を有している必要はなく、先端部12Aの幅と異なる幅を有していてもよい。この薄膜磁気ヘッドでは、特に、補助磁極層41が磁極層12と磁氣的に分離されているにもかかわらず、その補助磁極層41が、磁極層12の先端部12Aに磁束を供給するための補助的な磁束の流路として機能するため、先端部12Aに供給される磁束の供給量を増加させることができる。図13～図15に示した薄膜磁気ヘッドに関する上記特徴以外の構成は、図1～図3に示した場合と同様である。

#### 【0059】

なお、薄膜磁気ヘッドの構成に関して図1～図3ならびに図7～図15に示したいくつかの特徴は、その薄膜磁気ヘッドの構成に関して、上記したようにそれぞれ単独で適用されるようにしてもよいし、あるいは2つ以上組み合わせられて適用されるようにしてもよい。

#### 【0060】

##### [第2の実施の形態]

次に、本発明の第2の実施の形態について説明する。

#### 【0061】

図16～図18は、薄膜磁気ヘッドの構成を表している。このうち、図16は薄膜磁気ヘッドの断面構成を表し、図17は図16に示した薄膜磁気ヘッドの要部（ヨーク層51および磁極層12）の平面構成を拡大して表し、図18は図17に示した薄膜磁気ヘッドの要部の斜視構成を表している。

**【0062】**

この薄膜磁気ヘッドでは、ヨーク層 51 のうち、磁極層 12 と接続された接続面 AM 以外の部分、例えば、磁極層 12 の終端位置（位置 P3）よりも後方の領域に、窪み V が設けられている。すなわち、ヨーク層 51 は、接続面 AM において磁極層 12 に接続されると共に厚さ T1 を有する先端部 51A と、リターンヨーク層 8 に接続されると共に厚さ T3 を有し、上記第 1 の実施の形態における一端部分 11E に対応する後端部 51C と、これらの先端部 51A と後端部 51C との間に位置し、先端部 51A および後端部 51C よりも小さな厚さ T2（ $T2 < T1, T3$ ）を有する中間部 51B とを含んで構成されている。ヨーク層 51 と磁極層 12 とを接続する接続面 AM の面積 SA は、ヨーク層 51 の平面形状の面積よりも小さくなっている。また、ヨーク層 51 のうちの後端部 51C の端面 EM（リターンヨーク層 8 と接続されている端面）の面積 SE と、ヨーク層 51 のうちの中間部 51B の断面 DM の面積 SD と、磁極層 12 のうち先端部 12A の断面 TM の面積 ST（断面 DM, TM はエアベアリング面 20 に平行な断面）との間には、 $ST < SD < SE$  の関係が成立している。なお、図 18 では、接続面 AM、端面 EM、断面 TM および断面 DM に網掛けを施している。

**【0063】**

次に、図 16～図 20 を参照して、本発明の「薄膜磁気ヘッドの製造方法」が適用される、図 16～図 18 に示した薄膜磁気ヘッドの製造方法について説明する。図 19 および図 20 は、薄膜磁気ヘッドの要部（ヨーク層 51 および磁極層 12）の形成工程を説明するためのものである。なお、薄膜磁気ヘッド全体の製造方法については上記第 1 の実施の形態において既に説明したので、以下では、主に、薄膜磁気ヘッドの要部の形成方法について言及する。

**【0064】**

薄膜磁気ヘッドの要部を形成する際には、まず、図 19 に示したように、ヨーク層 51 を形成するための前駆ヨーク層パターン 51Z を平坦に形成し、この前駆ヨーク層パターン 51Z とギャップ層部分 9C とにより平坦面 F を構成する。

**【0065】**

続いて、図 19 に示したように、例えばスパッタリングを利用して、前駆ヨー

ク層パターン 51Z を覆うように、磁極層 12 を形成するための前駆磁極層 12Z を平坦面 F 上に形成する。

#### 【0066】

最後に、前駆磁極層 12Z 上に、磁極層 12 の平面形状に対応したパターン形状を有するマスク（図示せず）を形成したのち、図 20 に示したように、例えばイオンミリングを利用し、前駆磁極層 12Z をマスク越しにエッチングしてパターンニングすることにより、先端部 12A および後端部 12B を含むように磁極層 12 を形成する。この磁極層 12 を形成する際には、前駆磁極層 12Z をパターンニングしたのち、引き続き全体にエッチング処理を施し、前駆ヨーク層パターン 51Z のうち、最終的に磁極層 12 と接続されることとなる部分（接続面 AM）以外の部分、例えば磁極層 12 の終端位置（位置 P3）よりも後方の領域を連続的にエッチングして窪ませることにより、前駆ヨーク層パターン 51Z に窪み V を形成する。このエッチング処理により、接続面 AM において磁極層 12 に接続された先端部 51A と、リターンヨーク層 8 に接続された後端部 51C と、これらの先端部 51A および後端部 51C のそれぞれの厚さよりも小さな厚さを有する中間部 51B とを含むように、ヨーク層 51 が形成される。

#### 【0067】

本実施の形態に係る薄膜磁気ヘッドでは、ヨーク層 51 の一部と磁極層 12 の一部とを接続させるようにしたので、上記第 1 の実施の形態と同様の作用により、ヨーク層 51 から磁極層 12 に至る磁束の流れを適正に制御し、記録時における意図しない情報の上書きを防止することができる。

#### 【0068】

特に、本実施の形態では、厚さ T3 を有する後端部 51C と、この後端部 51C の厚さ T3 よりも小さな厚さ T2 を有する中間部 51B とを含むようにヨーク層 51 を構成したので、ヨーク層 51 内を流れる磁束は、後端部 51C から中間部 51B に流れる際に、ヨーク層 51 の厚さの減少に応じて厚さ方向に絞り込まれる。したがって、ヨーク層 11 の幅の減少に応じて磁束が幅方向に絞り込まれた上記第 1 の実施の形態の場合（図 8 および図 9 参照）と同様の作用により、ヨーク層 51 から磁極層 12 に至る磁束の流れをより効果的に制御することができ

る。

#### 【0069】

また、本実施の形態に係る薄膜磁気ヘッドの製造方法では、磁極層 12 を形成する際のエッチング処理を利用して前駆ヨーク層パターン 51Z を連続的にエッチングして窪ませ、その前駆ヨーク層パターン 51Z に窪み V を形成することにより、互いに異なる厚さを有する中間部 51B および後端部 51C を含むヨーク層 51 を形成するようにしたので、磁極層 12 を形成するためのエッチング処理と窪み V を形成するためのエッチング処理とを別個に行う場合と比較して、エッチング処理を行うために要する準備などの手間が省ける。したがって、ヨーク層 51 の形成が容易化するため、薄膜磁気ヘッドを容易に製造することができる。

#### 【0070】

なお、本実施の形態では、ヨーク層 51 の一部と磁極層 12 の一部とを接続させると共に、特に、ヨーク層 51 のうち、磁極層 12 と接続された接続面 AM 以外の部分の少なくとも一部を窪ませることにより、ヨーク層 51 から磁極層 12 に至る磁束の流れを適正に制御し、記録時における意図しない情報の上書きを防止することが可能な限り、薄膜磁気ヘッドの構成を自由に変形可能である。

#### 【0071】

具体的には、本実施の形態では、図 16 に示したように、平坦面 F 上に磁極層 12 全体が配設されるようにしたが、必ずしもこれに限られるものではなく、例えば、図 21 に示したように、ギャップ層部分 9C に、丸みを帯びた斜面を有する突起 9CR をエアベアリング面 20 に露出するように設け、この突起 9CR に、磁極層 12 のうちの先端部 12A が乗り上げるようにしてもよい。この構成の磁極層 12 を備えた薄膜磁気ヘッドでは、後端部 12B から先端部 12A に至る磁束の流路が媒体流出側（図中の上側）にクランク状に折れ曲がっているため、磁極層 12 内を流れる磁束が、記録時において主要な記録箇所となる先端部 12A の媒体流出側部分に集中する。したがって、垂直磁界強度をより増加させることができる。図 21 に示した薄膜磁気ヘッドに関する上記特徴以外の構成は、図 16 に示した場合と同様である。

#### 【0072】



また、図 2 1 に示した場合には、ギャップ層部分 9 C の突起 9 C R に先端部 1 2 A が乗上げたことにより、その先端部 1 2 A が後端部 1 2 B よりも持ち上がるようにしたが、必ずしもこれに限られるものではなく、例えば、図 2 2 に示したように、先端部 1 2 A がギャップ層部分 9 C の突起 9 C R に乗上げた上、その磁極層 1 2 が平坦になるようにしてもよい。この構成の磁極層 1 2 を備えた薄膜磁気ヘッドにおいても、磁極層 1 2 内を後端部 1 2 B から先端部 1 2 A に磁束が流れる際、その磁束の流路が媒体流出側に狭まるため、先端部 1 2 A の媒体流出側に磁束が集中することにより、垂直磁界強度をより増加させることができる。図 2 2 に示した薄膜磁気ヘッドに関する上記特徴以外の構成は、図 2 1 に示した場合と同様である。

#### 【0073】

さらに、図 2 2 に示した場合には、単層構成の磁極層 1 2 において、その先端部 1 2 A の媒体流出側部分に磁束を集中させるようにしたが、必ずしもこれに限られるものではなく、例えば、図 2 3 に示したように、積層構成の磁極層 6 0 において、同様に磁束を集中させるようにしてもよい。この磁極層 6 0 は、ギャップ層部分 9 C の平坦面 F ならびに平坦な斜面を有する突起 9 C R の双方に隣接し、エアベアリング面 2 0 から後退するように配設された 1 段目の下部磁極層 6 1 と、この下部磁極層 6 1 の媒体流出側に、エアベアリング面 2 0 に露出するように配設された 2 段目の上部磁極層 6 2 とが積層された構成をなしている。上部磁極層 6 2 は、本実施の形態における磁極層 1 2 とほぼ同様の構成を有しており、エアベアリング面 2 0 に近い側から順に先端部 6 2 A と後端部 6 2 B とを含んで構成されている。下部磁極層 6 1 の前端の位置は、例えば、上部磁極層 6 2 のうちの先端部 6 2 A と後端部 6 2 B との連結位置、すなわちフレアポイント F P に一致している。この積層型の磁極層 6 0 を備えた薄膜磁気ヘッドにおいても、磁極層 6 0 内を下部磁極層 6 1 から上部磁極層 6 2 に磁束が流れる際、その磁束の流路が媒体流出側に狭まるため、上部磁極層 6 2 のうちの先端部 6 2 A の媒体流出側部分に磁束が集中する。したがって、垂直磁界強度をより増加させることができるのである。

#### 【0074】

また、図 23 に示した場合には、下部磁極層 61 および上部磁極層 62 の双方が平坦になるようにしたが、必ずしもこれに限られるものではなく、例えば、図 24 に示したように、下部磁極層 61 の先端近傍部分がほぼ垂直に突起状に持ち上がり、この下部磁極層 61 の構造的特徴を反映して上部磁極層 62 の対応箇所が同様に突起状に持ち上がるようにしてもよい。この場合には、特に、下部磁極層 61 の先端位置を高精度に制御することができる。なぜなら、例えば、図 23 に示したように、下部磁極層 61 がギャップ層部分 9C の突起 9CR と共に平坦面を構成するようにする場合には、研磨処理により下部磁極層 61 を研磨して平坦化する際、研磨量に依存して下部磁極層 61 の先端位置が大きく変化してしまうが、図 24 に示したように、下部磁極層 61 の先端近傍部分がほぼ垂直に突起状に持ち上がるようにした場合には、その突起部の厚さの範囲内において研磨処理が行われる限り、下部磁極層 61 の先端位置が大きく変化しないからである。なお、図 23 および図 24 に示した薄膜磁気ヘッドに関する上記特徴以外の構成は、図 22 に示した場合と同様である。

#### 【0075】

また、図 21～図 24 に示した場合には、先端部 12A、62A の媒体流出側部分に磁束を集中させるために、磁束の流露が媒体流出側に狭まるように構成された磁極層 12、60 を備えるようにしたが、必ずしもこれに限られるものではなく、例えば、図 25 に示したように、エアベアリング面 20 に近い側から順に、先端部 70A と、この先端部 70A の厚さよりも大きな厚さを有する後端部 70B とを含み、磁束の流路が媒体流入側（図中の下側）に狭まるように構成された磁極層 70 を備えるようにしてもよい。この磁極層 70 を備えた薄膜磁気ヘッドでは、後端部 70B のうちの媒体流出側部分を流れていた磁束が、媒体流入側に絞り込まれて先端部 70A に流入した結果、その先端部 70A のうちの媒体流出側部分に磁束が集中し得るため、磁束の流路を媒体流出側に狭めた図 21～図 24 に示した場合と同様に、垂直磁界強度をより増加し得るのである。なお、図 25 に示した薄膜磁気ヘッドに関する上記特徴以外の構成は、図 21～図 24 に示した場合と同様である。

#### 【0076】

また、本実施の形態では、前駆ヨーク層 51 パターン Z をエッチングして窪ませることによりヨーク層 51 を形成する際、前駆ヨーク層パターン 51 Z のうち、磁極層 12 の終端位置（位置 P3）よりも後方の領域を窪ませるようにしたが、必ずしもこれに限られるものではなく、後端部 51 C およびこの後端部 51 C よりも厚さが薄い中間部 51 B を含むようにヨーク層 51 を形成可能な限り、前駆ヨーク層 51 パターン Z に対する掘り下げ範囲は自由に変更可能である。具体的には、例えば、前駆ヨーク層 51 パターン Z のうち、磁極層 12 との接続面 A-M 以外の部分を全て掘り下げるようにしてもよい。この場合に形成されるヨーク層 51 および磁極層 21 の斜視構成は、例えば、図 26 に示したようになる。

#### 【0077】

なお、本実施の形態に係る薄膜磁気ヘッドに関する上記以外の構成、動作、作用、効果ならびに変形は上記第 1 の実施の形態と同様であるので、その説明を省略する。

#### 【0078】

もちろん、本実施の形態に係る薄膜磁気ヘッドに関して図 16～図 18 ならびに図 21～図 26 に示したいくつかの特徴は、その薄膜磁気ヘッドの構成に関して、上記したようにそれぞれ単独で適用されるようにしてもよいし、あるいは 2 つ以上組み合わせられて適用されるようにしてもよい。さらに、薄膜磁気ヘッドの構成に関して上記第 1 の実施の形態において説明したいくつかの特徴と、本実施の形態において説明したいくつかの特徴とが、その薄膜磁気ヘッドの構成に関して 2 つ以上組み合わせられて適用されるようにしてもよい。上記第 1 の実施の形態において説明した特徴と本実施の形態において説明した特徴とを組み合わせた例としては、例えば、図 27 に示したように、図 18 に示した薄膜磁気ヘッドにおいて、ヨーク層 51 が略 T 字型の平面を有するようにしてもよい。この場合には、ヨーク層 51 のうち、先端部 51 A が上記第 1 の実施の形態（図 3 参照）におけるヨーク層 11 のうちの先端部 11 A に対応し、中間部 51 B および後端部 51 C の集合体が後端部 11 B に対応することとなる。なお、図 27 に示した薄膜磁気ヘッドに関する上記特徴以外の構成は、図 18 に示した場合と同様である。

#### 【0079】

以上、いくつかの実施の形態を挙げて本発明を説明したが、本発明はこれらの実施の形態に限定されず、種々の変形が可能である。具体的には、例えば、上記した一連の実施の形態では、本発明を、再生ヘッド部100Aおよび記録ヘッド部100Bの双方を備えた複合型薄膜磁気ヘッドに適用する場合について説明したが、必ずしもこれに限られるものではなく、記録ヘッド部100Bのみを備えた記録専用の薄膜磁気ヘッドや、再生処理および記録処理の双方を実行可能な再生・記録兼用ヘッドを備えた薄膜磁気ヘッドにも適用可能である。また、本発明を、再生ヘッド部100Aと記録ヘッド部100Bとの積層順序を反転させた構造の薄膜磁気ヘッドについて適用することも可能である。

#### 【0080】

##### 【実施例】

次に、本発明に関する実施例について説明する。上記第1の実施の形態において図8および図9に示した薄膜磁気ヘッド（以下、単に「本発明の薄膜磁気ヘッド」ともいう。）の諸特性を調べたところ、以下のことが確認された。

#### 【0081】

まず、垂直磁界強度の記録位置依存性を調べたところ、図28および図29に示した結果が得られた。図28中の「横軸」は記録媒体に設けられた複数のトラックの配列方向（記録媒体の半径方向）における記録位置を示し、「縦軸」は垂直磁界強度（ $10^3 / (4\pi) \text{ A/m}$ （=Oe））を示していると共に、曲線28Aは比較例としての薄膜磁気ヘッド（図4～図6参照）について表し、曲線28Bは本発明の薄膜磁気ヘッドについて表している。また、図29中の「横軸」は記録媒体に設けられた同一トラック上における記録位置を示し、「縦軸」は垂直磁界強度（ $10^3 / (4\pi) \text{ A/m}$ ）を示していると共に、曲線29Aは比較例としての薄膜磁気ヘッドについて表し、曲線29Bは本発明の薄膜磁気ヘッドについて表している。なお、図28および図29の横軸中に示した位置Jは、記録対象トラック位置を表している。

#### 【0082】

図28に示した結果から判るように、垂直磁界強度は、記録媒体に設けられた複数のトラックの配列方向において、記録対象トラック位置（位置J）から離れ

るにしたがって次第に減少した。特に、記録対象トラック位置から離れた位置における垂直磁界強度は、比較例（曲線 28 A）よりも本発明（曲線 28 B）において小さくなった。また、図 29 に示した結果から判るように、垂直磁界強度は、記録媒体に設けられた同一トラック上において、記録対象トラック位置から離れるにしたがって次第に減少した。特に、記録対象トラック位置から離れた位置における垂直磁界強度は、比較例（曲線 29 A）よりも本発明（曲線 29 B）において小さくなった。これらのことから、本発明の薄膜磁気ヘッドを利用して記録処理を行う場合には、比較例の薄膜磁気ヘッドを利用して記録処理を行う場合と比較して、記録対象トラック周辺における不要な垂直磁界強度、すなわち漏洩磁界として悪影響を及ぼし得る磁界強度が小さくなるため、その記録対象トラック周辺において、記録時に意図しない情報の上書きを生じる可能性が低くなることが確認された。

#### 【0083】

次に、垂直磁界強度の面積比  $S_D/S_E$  依存性を調べたところ、図 30 に示した結果が得られた。図 30 中の「横軸」は面積比  $S_D/S_E$ （対数表示）を示し、「縦軸（右）」は垂直磁界強度  $(10^3 \times 10^3 / (4\pi)) \text{ A/m} (= \text{kOe})$  を示し、「縦軸（左）」は記録対象トラックにおける垂直磁界強度とこの記録対象トラックに隣接した隣接トラックにおける垂直磁界強度との強度比を示していると共に、記号「○」は垂直磁界強度を表し、記号「□」は垂直磁界強度比を表している。

#### 【0084】

図 30 に示した結果から判るように、垂直磁界強度（記号「○」参照）は、面積比  $S_D/S_E$  が大きくなるにしたがい、すなわちヨーク層 11 の端面 EM の面積  $S_E$  に対して先端部 11 A の断面 DM の面積  $S_D$  が大きくなるにしたがって次第に増加した。また、垂直磁界強度比（記号「□」参照）も同様に、面積比  $S_D/S_E$  が大きくなるにしたがって次第に増加した。このことは、記録対象トラックにおける垂直磁界強度に対して隣接トラックにおける垂直磁界強度が小さくなるため、結果として、記録対象トラックにおける垂直磁界強度と隣接トラックにおける垂直磁界強度との差異が大きくなったことを示している。このことから、

面積比  $S_D/S_E$  が  $0.008 \leq S_D/S_E \leq 0.3$  の範囲内になると、記録対象トラックにおいて、安定した記録動作を確保し得る程度に垂直磁界強度が確保されると共に、隣接トラックにおいて、意図しない情報の上書きを防止し得る程度に漏洩磁界強度が小さくなることが確認された。

#### 【0085】

なお、面積比  $S_D/S_E$  が上記範囲外になると、不具合を生じるおそれがある。すなわち、面積比  $S_D/S_E$  が  $0.008$  よりも小さくなると ( $S_D/S_E < 0.008$ )、垂直磁界強度が小さくなりすぎるため、記録動作を安定に実行し得ないおそれがある。一方、面積比  $S_D/S_E$  が  $0.3$  よりも大きくなると ( $S_D/S_E > 0.3$ )、ヨーク層 11 の端面 EM の面積  $S_E$  に対して先端部 11A の断面 DM の面積  $S_D$  が小さくなりすぎるため、ヨーク層 11 内を後端部 11B から先端部 11A に磁束が流れる際に磁束飽和を生じるおそれがある。したがって、これらの不具合の発生を防止する観点から、面積比  $S_D/S_E$  が  $0.008 \leq S_D/S_E \leq 0.3$  の範囲内であることが好ましく、さらに、ヨーク層 11 を形成する際の形成精度を加味すれば、例えば、 $0.009 \leq S_D/S_E \leq 0.2$  の範囲内であることがより好ましい。

#### 【0086】

##### 【発明の効果】

以上説明したように、請求項 1 ないし請求項 9 のいずれか 1 項に記載の薄膜磁気ヘッド、あるいは請求項 10 または請求項 11 に記載の薄膜磁気ヘッドの製造方法によれば、磁極層の一部がヨーク層の一部と接続されるようにしたので、磁極層の一部がヨーク層全体と接続されている場合とは異なり、ヨーク層に収容された大量の磁束が磁極層に流入する際、その大量の磁束が絞り込まれる。したがって、磁極層に過剰な磁束が供給されずに、適正な量の磁束が供給されるため、ヨーク層から磁極層に至る磁束の流れを適正に制御し、記録時における意図しない情報の上書きを防止することができる。

#### 【0087】

また、上記の他、請求項 4 に記載の薄膜磁気ヘッドによれば、磁極層に接続された部分を有する接続部分と、この接続部分の幅よりも大きな幅を有するヨーク

拡幅部分とを含むようにヨーク層を構成したので、ヨーク層内を流れる磁束は、磁極層に流入する前に、ヨーク拡幅部分から接続部分に流れる際にヨーク層の幅の減少に応じて幅方向に絞り込まれたのち、その絞り込み状態を維持したまま磁極層に流入する。したがって、ヨーク層から磁極層に流入する磁束の流れが安定化するため、ヨーク層から磁極層に至る磁束の流れをより効果的に制御することができる。

#### 【 0 0 8 8 】

また、請求項 5 に記載の薄膜磁気ヘッドによれば、ヨーク層のうちの一端部分の端面の面積  $S_E$  と記録媒体対向面に平行な接続部分の断面の面積  $S_D$  との面積比  $S_D/S_E$  が  $0.008 \leq S_D/S_E \leq 0.3$  の範囲内となるようにしたので、面積比  $S_D/S_E$  が適正化される。したがって、垂直磁界強度を確保しつつ、漏洩磁界強度を低減させることができる。

#### 【 0 0 8 9 】

また、請求項 6 に記載の薄膜磁気ヘッドによれば、ヨーク層のうちの磁極層と接続された部分以外の部分の少なくとも一部に窪みを設けるようにしたので、ヨーク層内を流れる磁束は、磁極層に流入する前に、窪みに対応する部分においてヨーク層の厚さの減少に応じて厚さ方向に絞り込まれる。したがって、ヨーク層の幅の減少に応じて磁束が幅方向に絞り込まれた場合と同様の作用により、ヨーク層から磁極層に至る磁束の流れをより効果的に制御することができる。

#### 【 0 0 9 0 】

また、請求項 11 に記載の薄膜磁気ヘッドの製造方法によれば、前駆磁極層をエッチングしてパターンニングすることにより磁極層を形成するようにし、この磁極層を形成する際のエッチング処理を利用して、前駆ヨーク層パターンのうちの磁極層と接続されることとなる部分以外の部分の少なくとも一部を連続的にエッチングして窪ませることによりヨーク層を形成するようにしたので、磁極層を形成するためのエッチング処理と前駆ヨーク層パターンを窪ませてヨーク層を形成するためのエッチング処理とを別個に行う場合と比較して、エッチング処理を行うために要する準備などの手間が省ける。したがって、ヨーク層の形成が容易化するため、薄膜磁気ヘッドを容易に製造することができる。

**【図面の簡単な説明】****【図 1】**

本発明の第 1 の実施の形態に係る薄膜磁気ヘッドの断面構成を表す断面図である。

**【図 2】**

図 1 に示した薄膜磁気ヘッドの要部の平面構成を拡大して表す平面図である。

**【図 3】**

図 2 に示した薄膜磁気ヘッドの要部の斜視構成を表す斜視図である。

**【図 4】**

本発明の第 1 の実施の形態に係る薄膜磁気ヘッドに対する比較例としての薄膜磁気ヘッドの断面構成を表す断面図である。

**【図 5】**

図 4 に示した薄膜磁気ヘッドの要部の平面構成を拡大して表す平面図である。

**【図 6】**

図 5 に示した薄膜磁気ヘッドの要部の斜視構成を表す斜視図である。

**【図 7】**

本発明の第 1 の実施の形態に係る薄膜磁気ヘッドの要部の構成に関する第 1 の変形例の平面構成を表す平面図である。

**【図 8】**

本発明の第 1 の実施の形態に係る薄膜磁気ヘッドの要部の構成に関する第 2 の変形例の平面構成を表す平面図である。

**【図 9】**

図 8 に示した薄膜磁気ヘッドの要部の斜視構成を表す斜視図である。

**【図 1 0】**

本発明の第 1 の実施の形態に係る薄膜磁気ヘッドの要部の構成に関する第 3 の変形例の平面構成を表す平面図である。

**【図 1 1】**

本発明の第 1 の実施の形態に係る薄膜磁気ヘッドの要部の構成に関する第 4 の変形例の平面構成を表す平面図である。



**【図 1 2】**

本発明の第 1 の実施の形態に係る薄膜磁気ヘッドの要部の構成に関する第 5 の変形例の平面構成を表す平面図である。

**【図 1 3】**

本発明の第 1 の実施の形態に係る薄膜磁気ヘッドの構成に関する第 6 の変形例の断面構成を表す断面図である。

**【図 1 4】**

図 1 3 に示した薄膜磁気ヘッドの要部の平面構成を拡大して表す平面図である。

**【図 1 5】**

図 1 4 に示した薄膜磁気ヘッドの要部の斜視構成を表す斜視図である。

**【図 1 6】**

本発明の第 2 の実施の形態に係る薄膜磁気ヘッドの断面構成を表す断面図である。

**【図 1 7】**

図 1 6 に示した薄膜磁気ヘッドの要部の平面構成を拡大して表す平面図である。

**【図 1 8】**

図 1 7 に示した薄膜磁気ヘッドの要部の斜視構成を表す斜視図である。

**【図 1 9】**

本発明の第 2 の実施の形態に係る薄膜磁気ヘッドの製造方法における一工程を説明するための断面図である。

**【図 2 0】**

図 1 9 に続く工程を説明するための断面図である。

**【図 2 1】**

本発明の第 2 の実施の形態に係る薄膜磁気ヘッドの構成に関する第 1 の変形例の断面構成を表す断面図である。

**【図 2 2】**

本発明の第 2 の実施の形態に係る薄膜磁気ヘッドの構成に関する第 2 の変形例

の断面構成を表す断面図である。

【図 2 3】

本発明の第 2 の実施の形態に係る薄膜磁気ヘッドの構成に関する第 3 の変形例の断面構成を表す断面図である。

【図 2 4】

本発明の第 2 の実施の形態に係る薄膜磁気ヘッドの構成に関する第 4 の変形例の断面構成を表す断面図である。

【図 2 5】

本発明の第 2 の実施の形態に係る薄膜磁気ヘッドの構成に関する第 5 の変形例の断面構成を表す断面図である。

【図 2 6】

本発明の第 2 の実施の形態に係る薄膜磁気ヘッドの要部の構成に関する第 6 の変形例の斜視構成を表す斜視図である。

【図 2 7】

本発明の第 2 の実施の形態に係る薄膜磁気ヘッドの要部の構成に関する第 7 の変形例の斜視構成を表す斜視図である。

【図 2 8】

複数のトラックの配列方向における垂直磁界強度の記録位置依存性を表す図である。

【図 2 9】

同一トラック上における垂直磁界強度の記録位置依存性を表す図である。

【図 3 0】

垂直磁界強度の面積比依存性を表す図である。

【符号の説明】

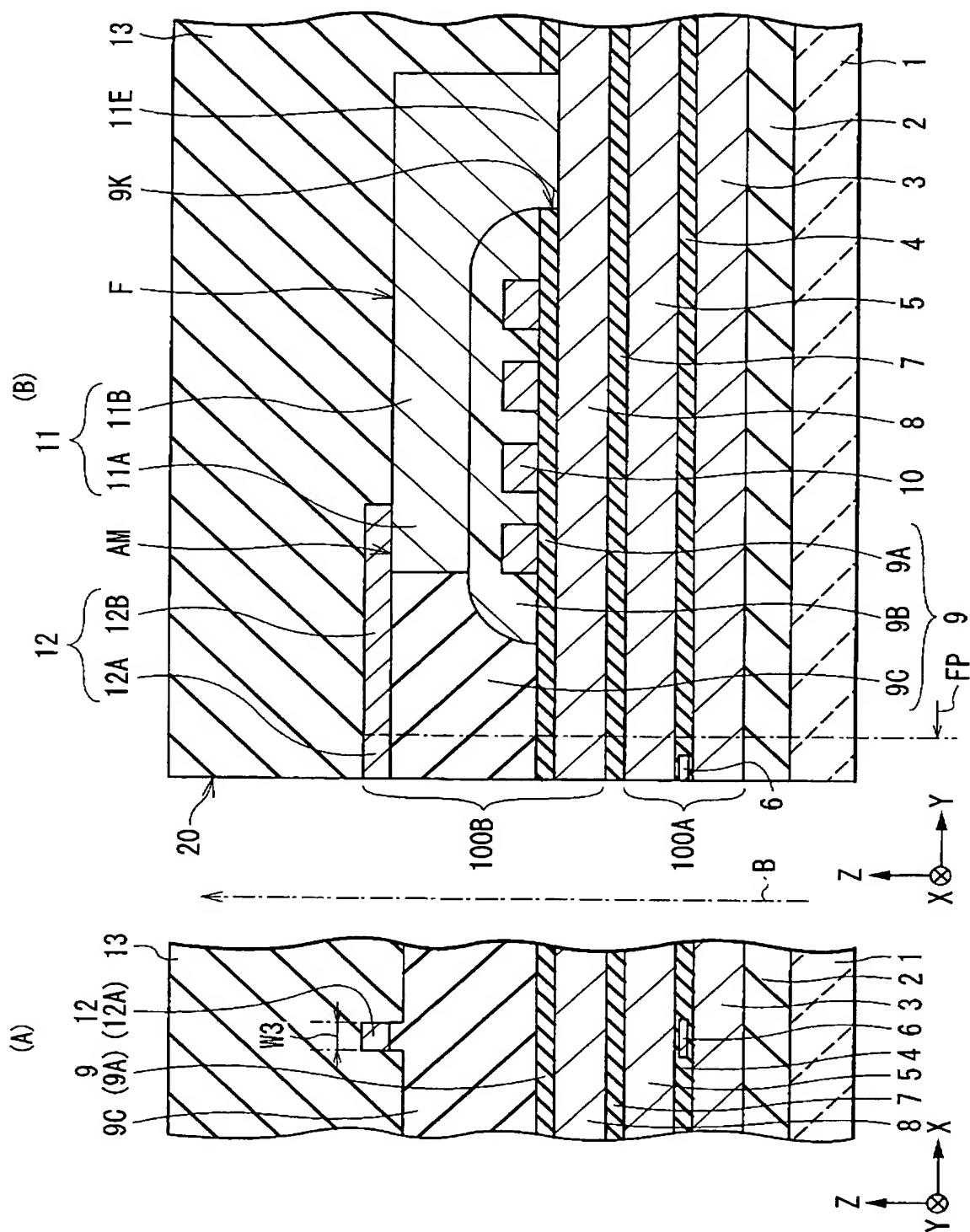
1…基板、2…絶縁層、3…下部シールド層、4…シールドギャップ膜、5…上部シールド層、6…MR素子、7, 42…非磁性層、8…リターンヨーク層、9 (9A, 9B, 9C) …ギャップ層、9CR…突起、10…薄膜コイル、11, 51…ヨーク層、11A, 12A, 41A, 51A, 62A, 70A…先端部、11B, 12B, 41B, 51C, 62B, 70B…後端部、11E…一端部

分、1 2, 6 0, 7 0…磁極層、1 2 Z…前駆磁極層、1 3…オーバーコート層、2 0…エアベアリング面、4 1…補助磁極層、5 1 B…中間部、5 1 Z…前駆ヨーク層パターン、6 1…下部磁極層、6 2…上部磁極層、1 0 0 A…再生ヘッド部、1 0 0 B…記録ヘッド部、A M…接続面、B…記録媒体の進行方向、D M, T M…断面、E M…端面、F…平坦面、F P…フレアポイント、V…窪み。

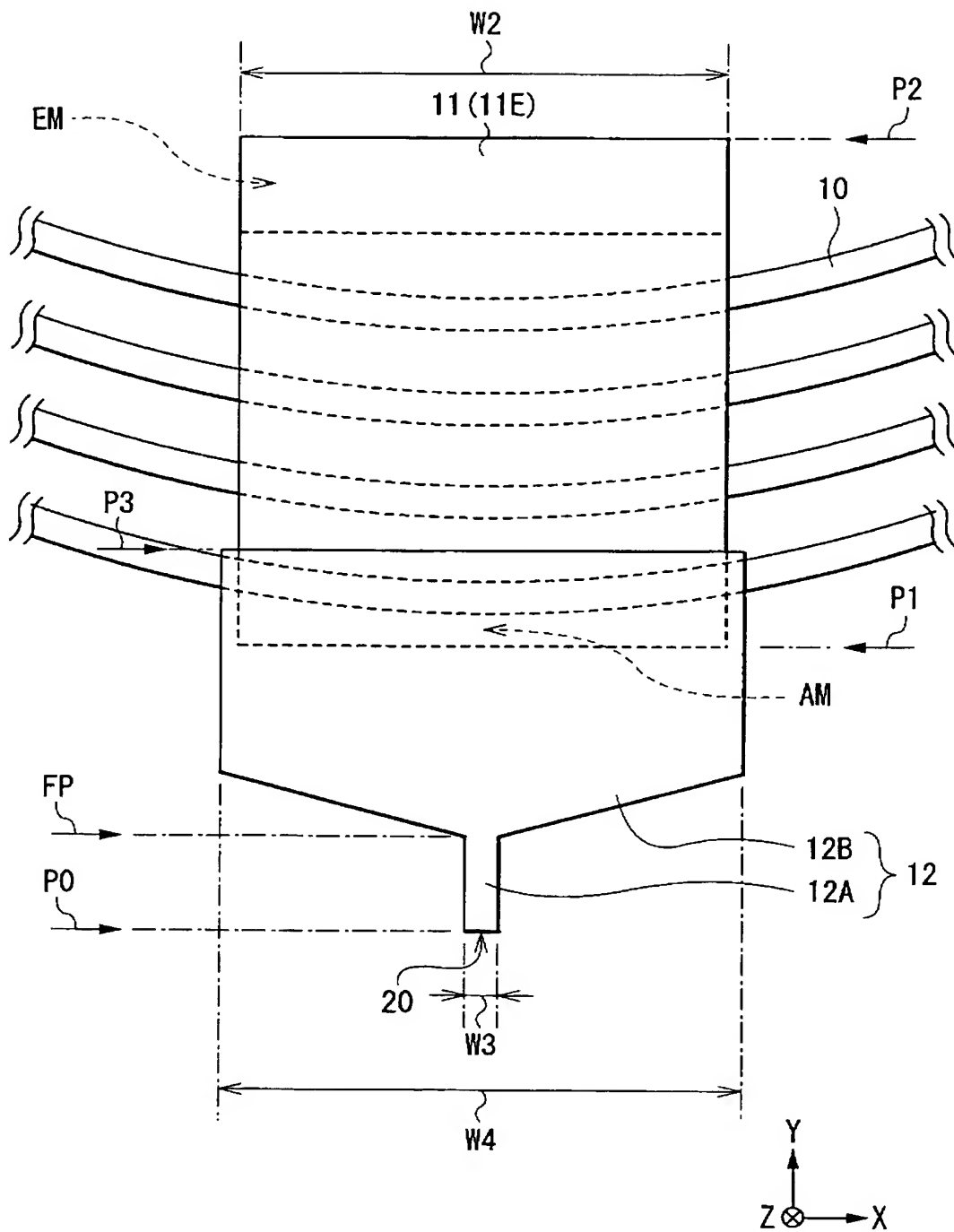
【書類名】

図面

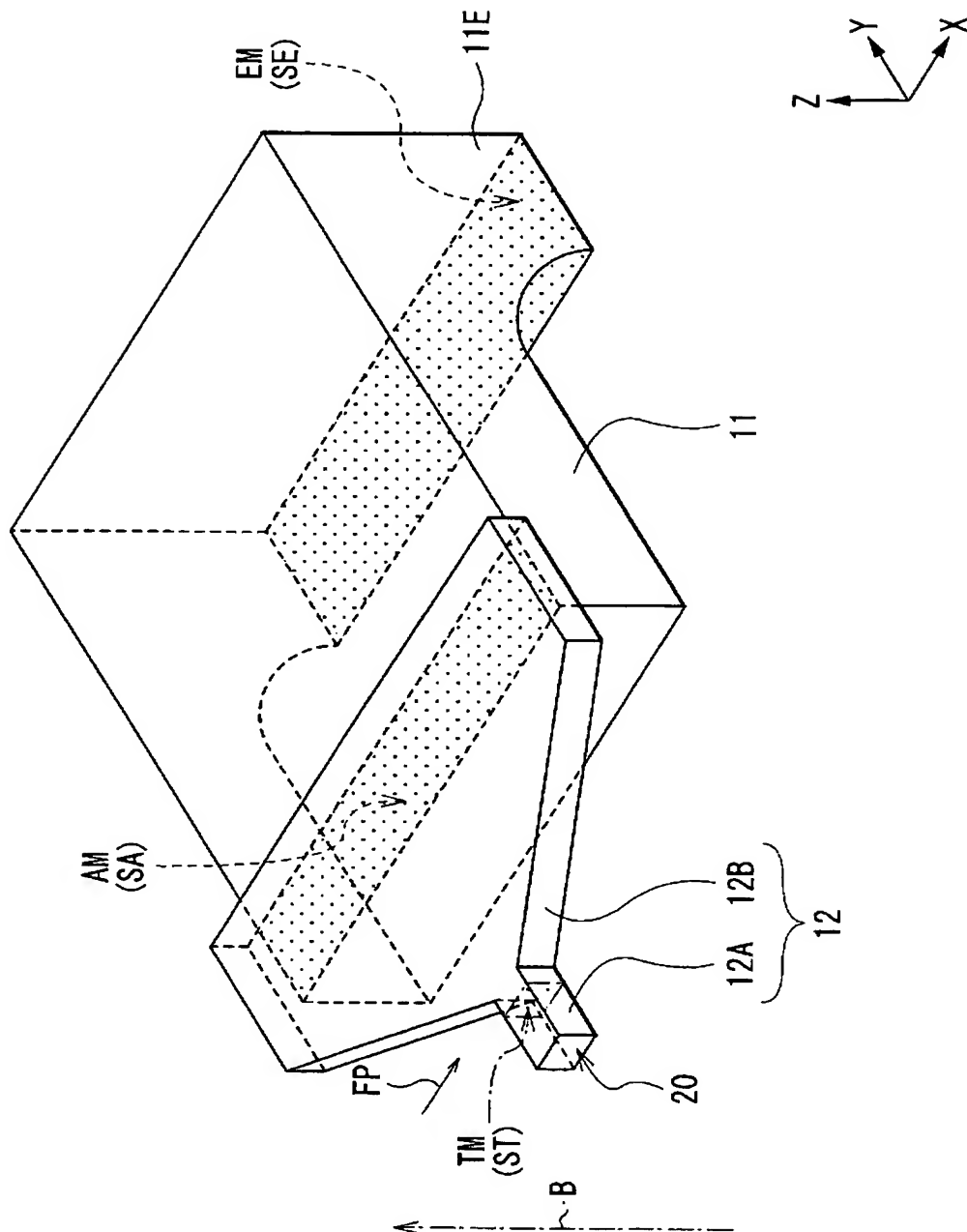
【図 1】



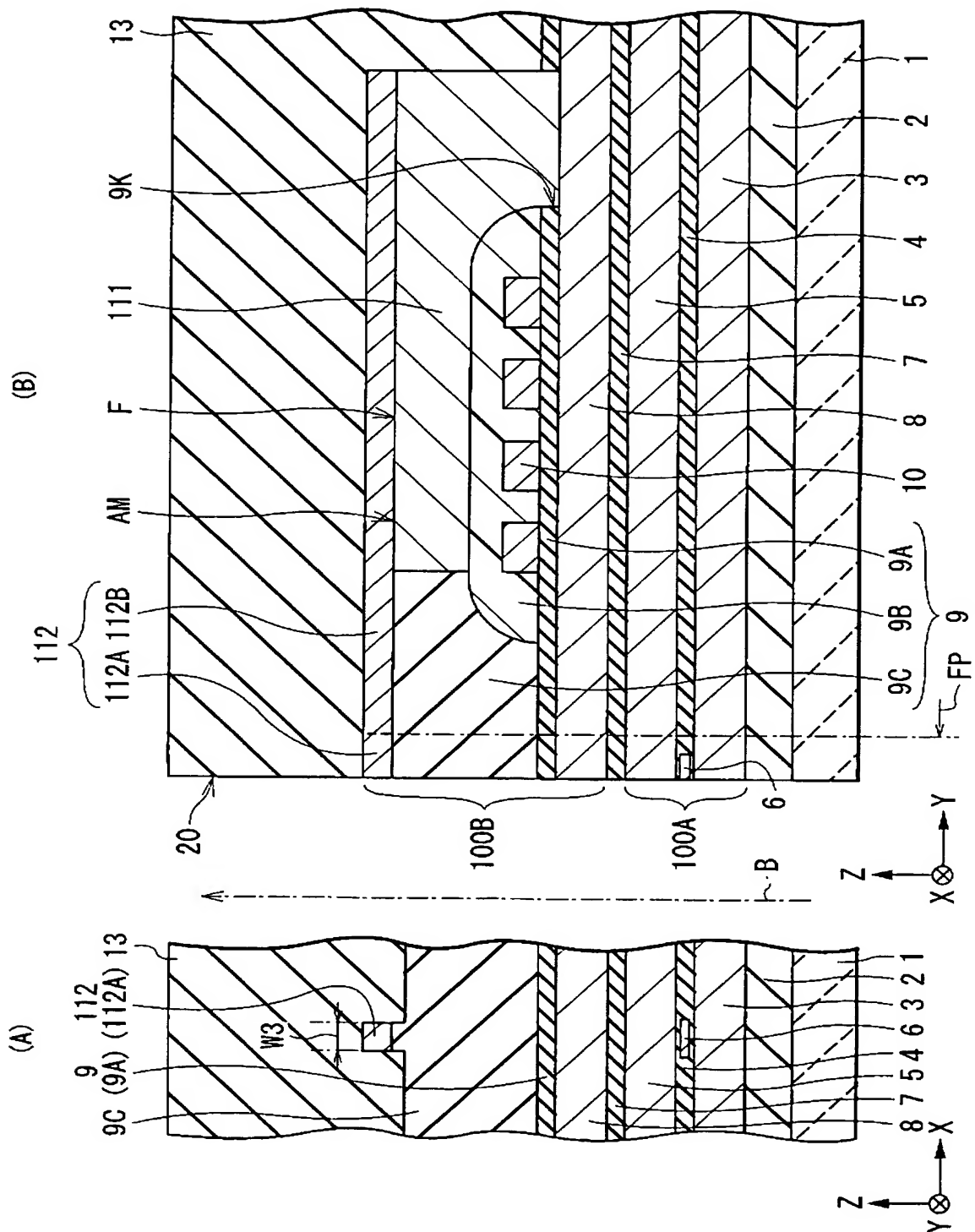
【図 2】



【図 3】



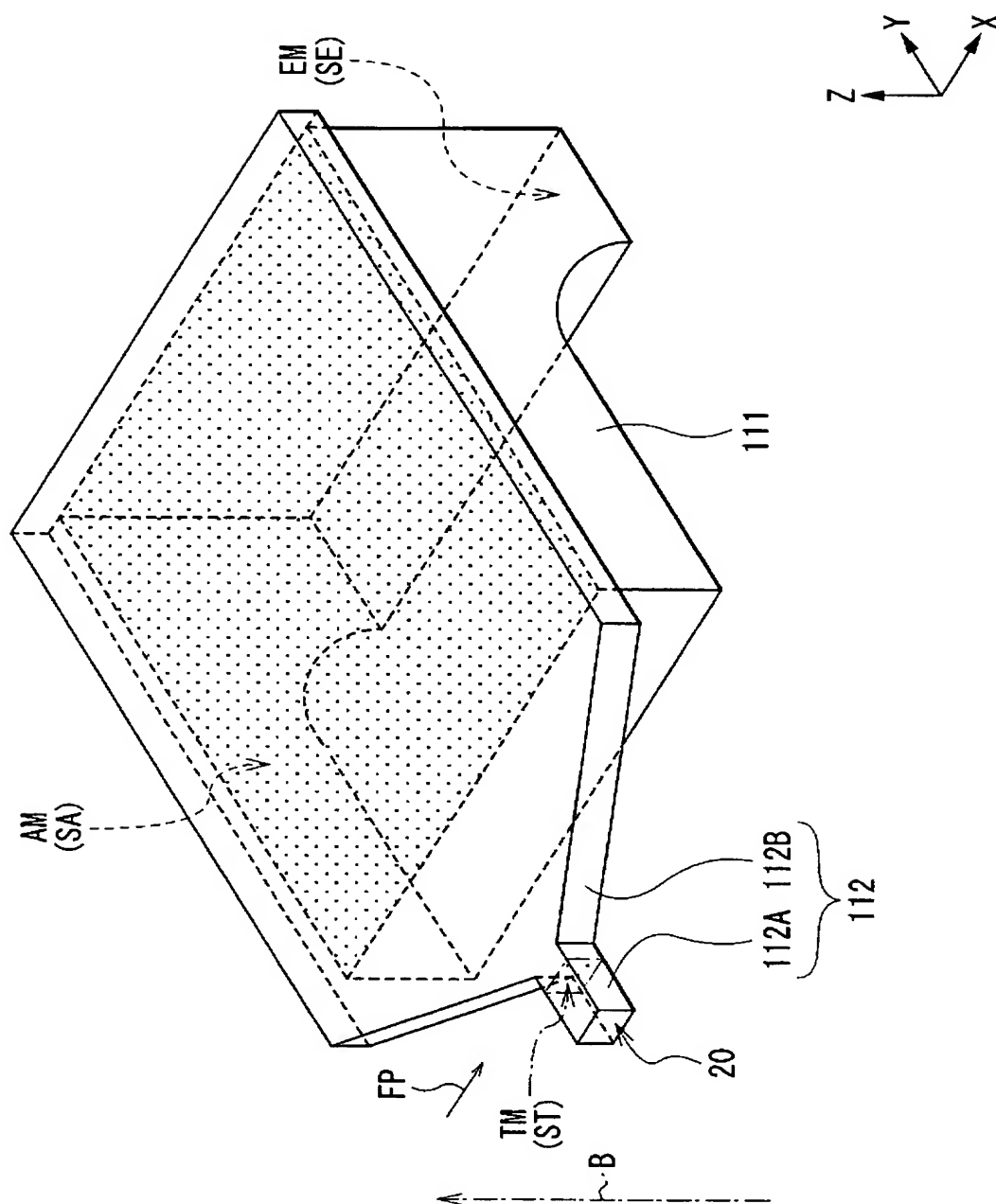
【図 4】



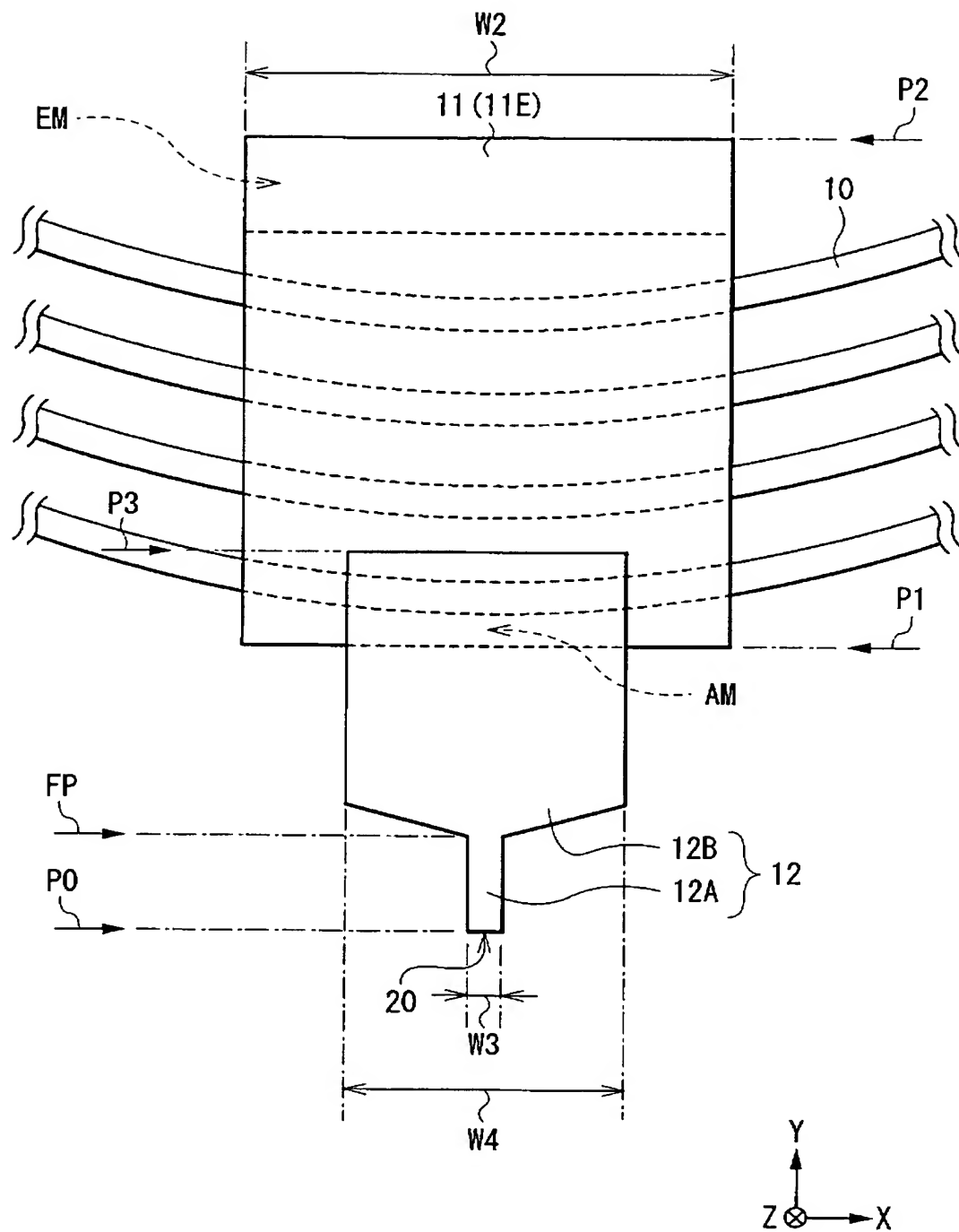




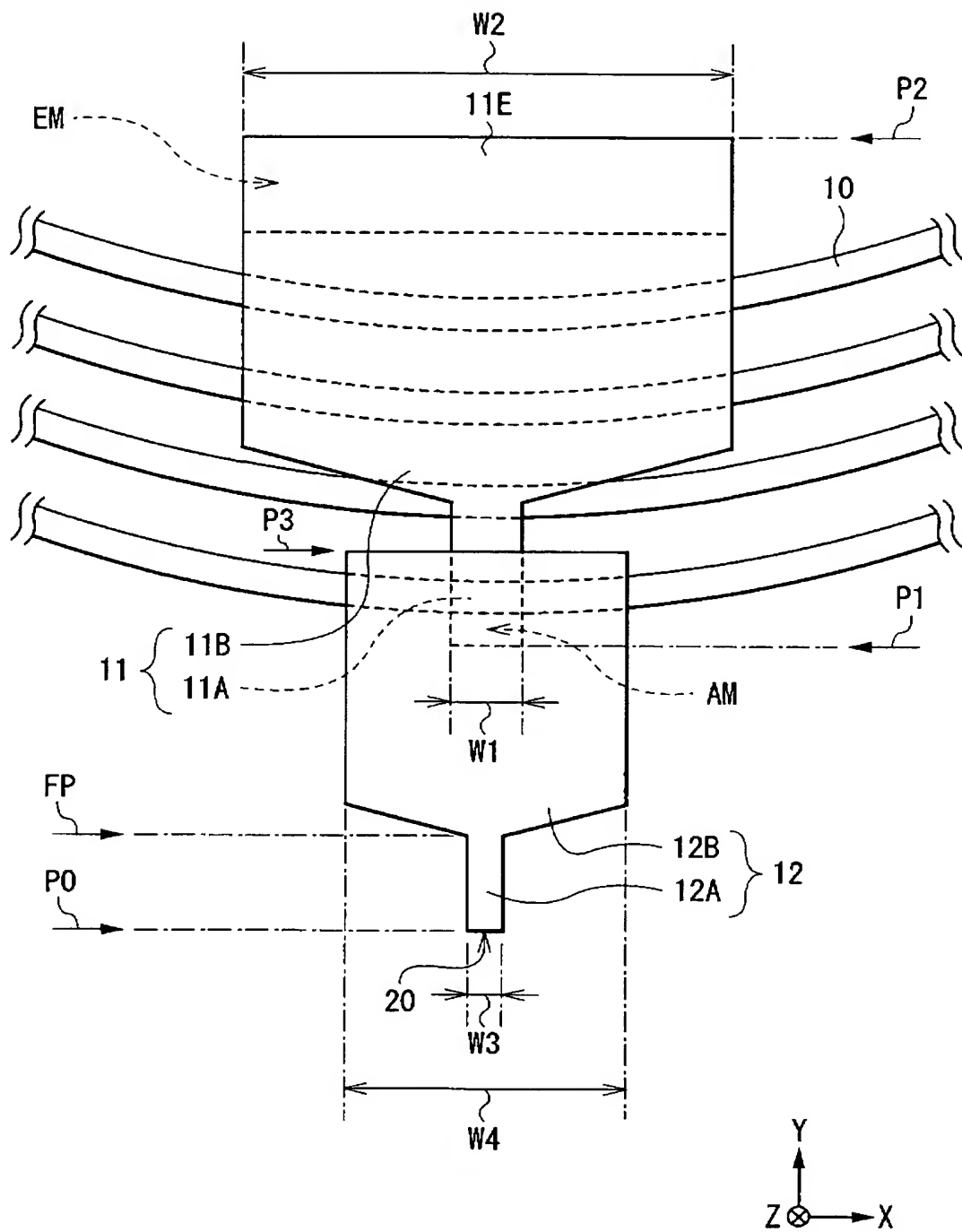
【図 6】



【図 7】

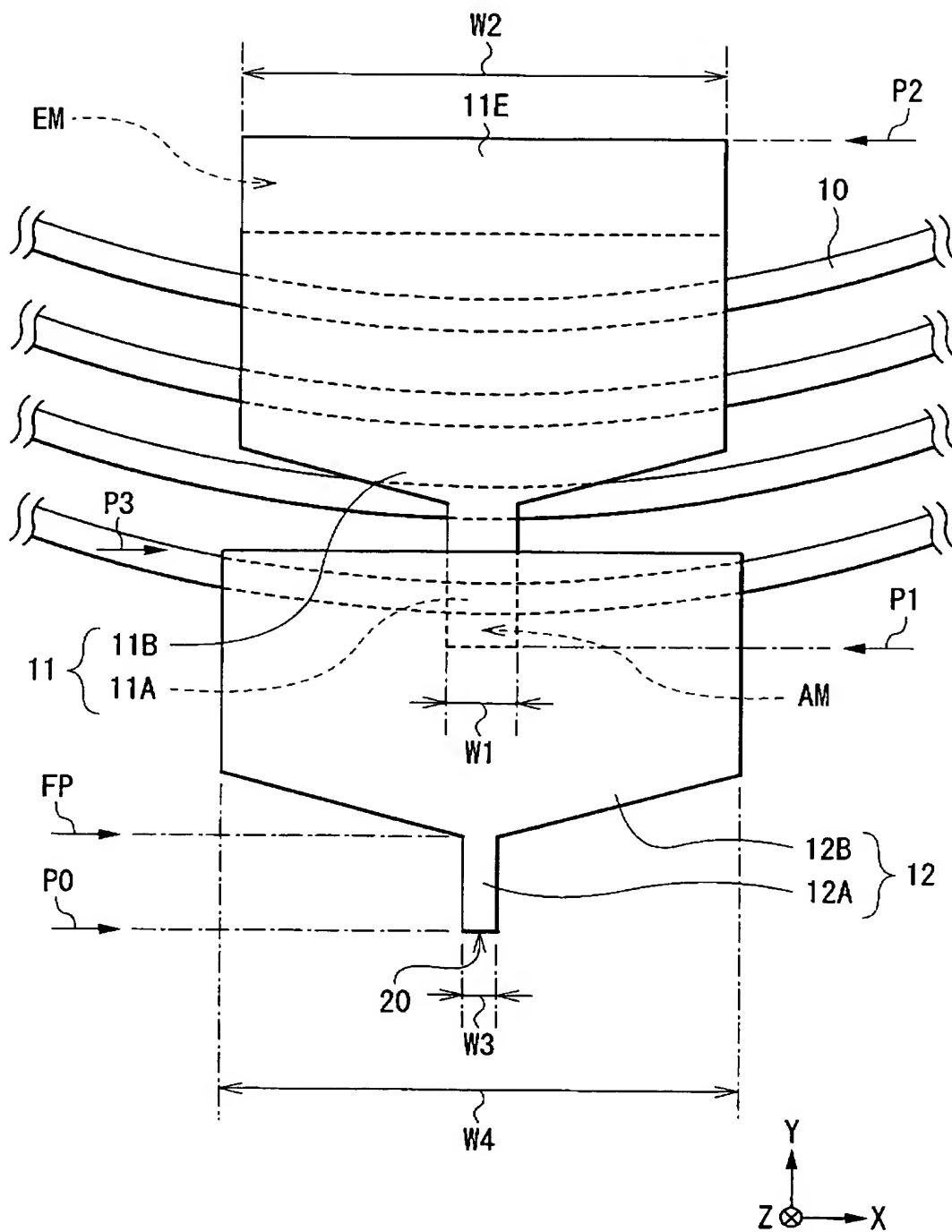


【図 8】

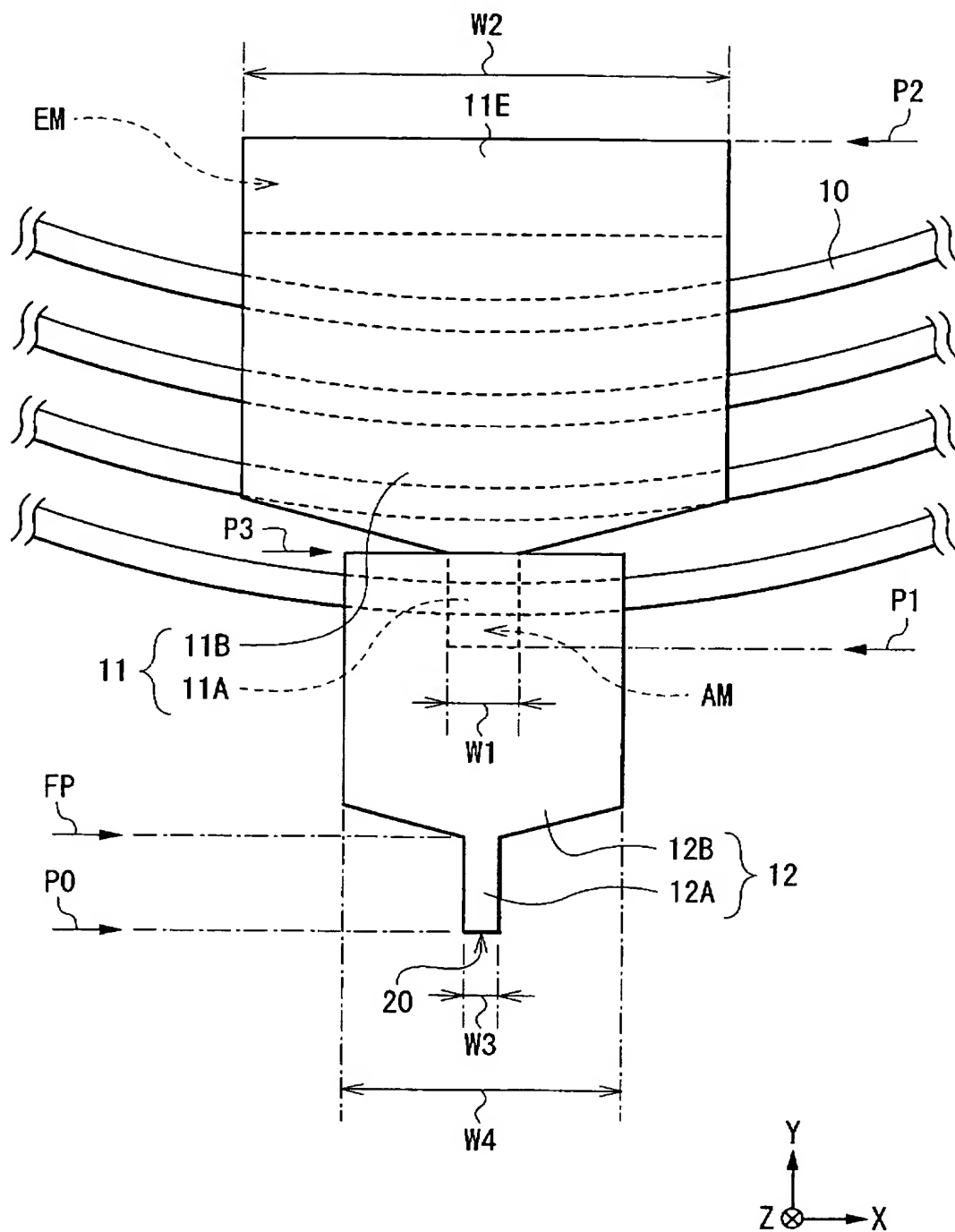




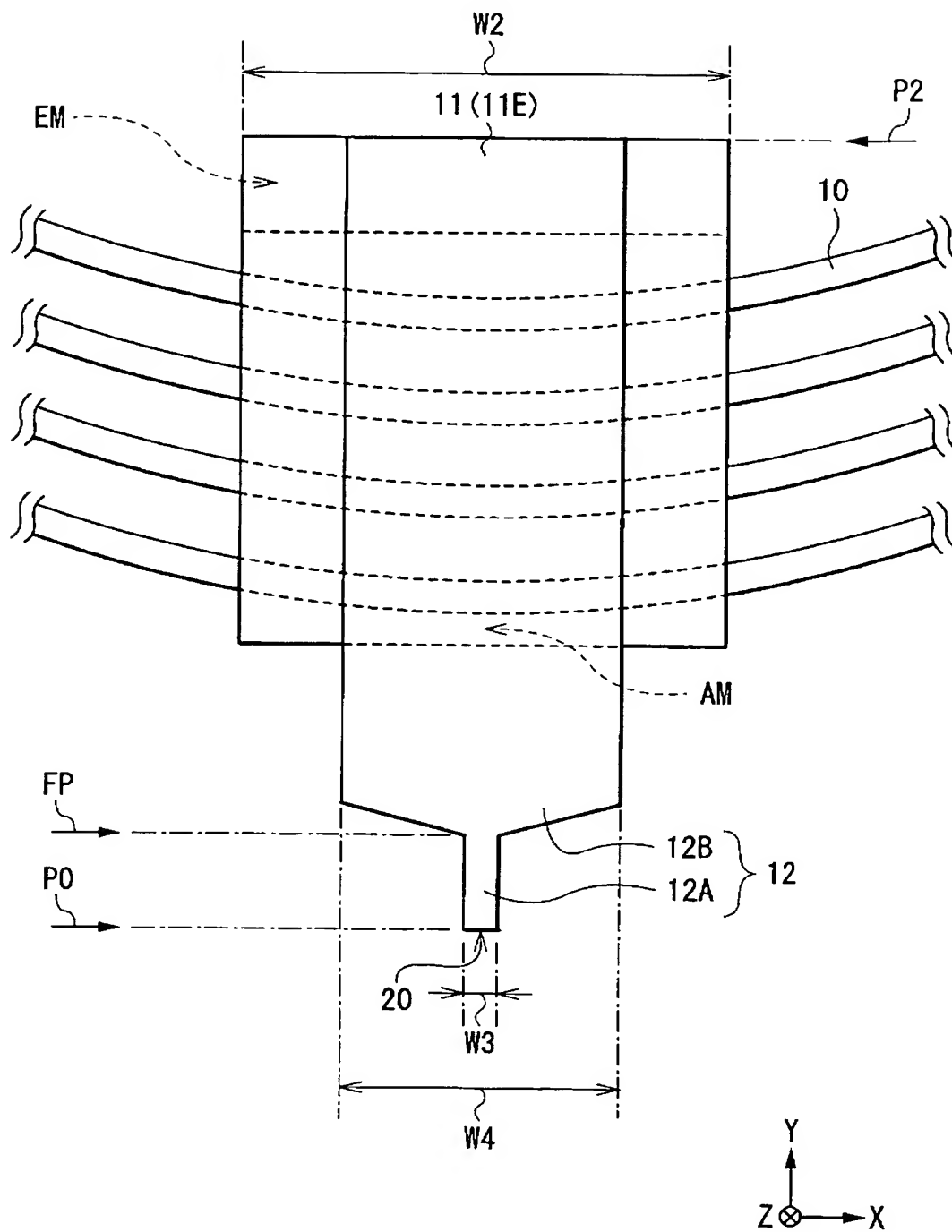
【図 10】



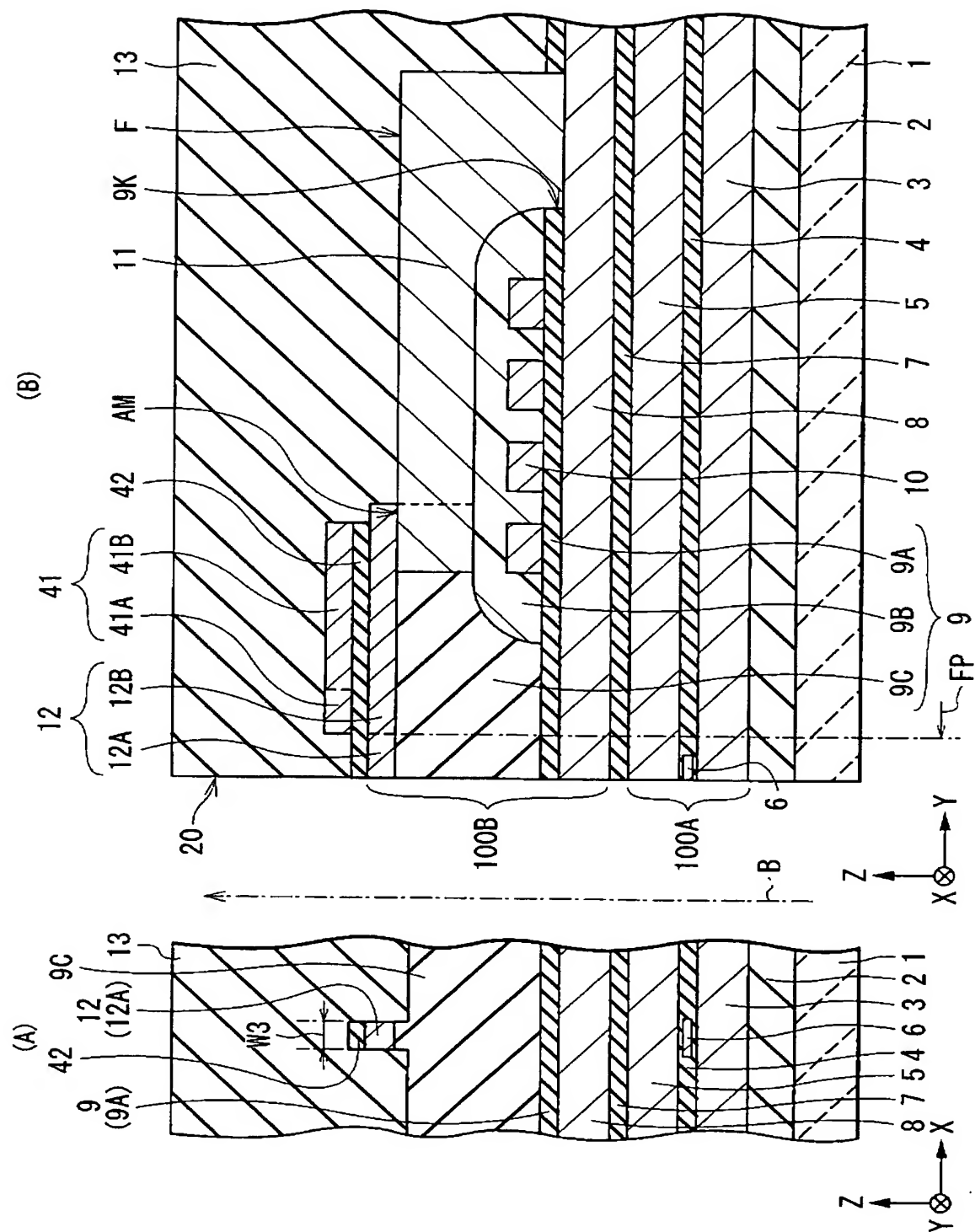
【図 11】



【図 12】

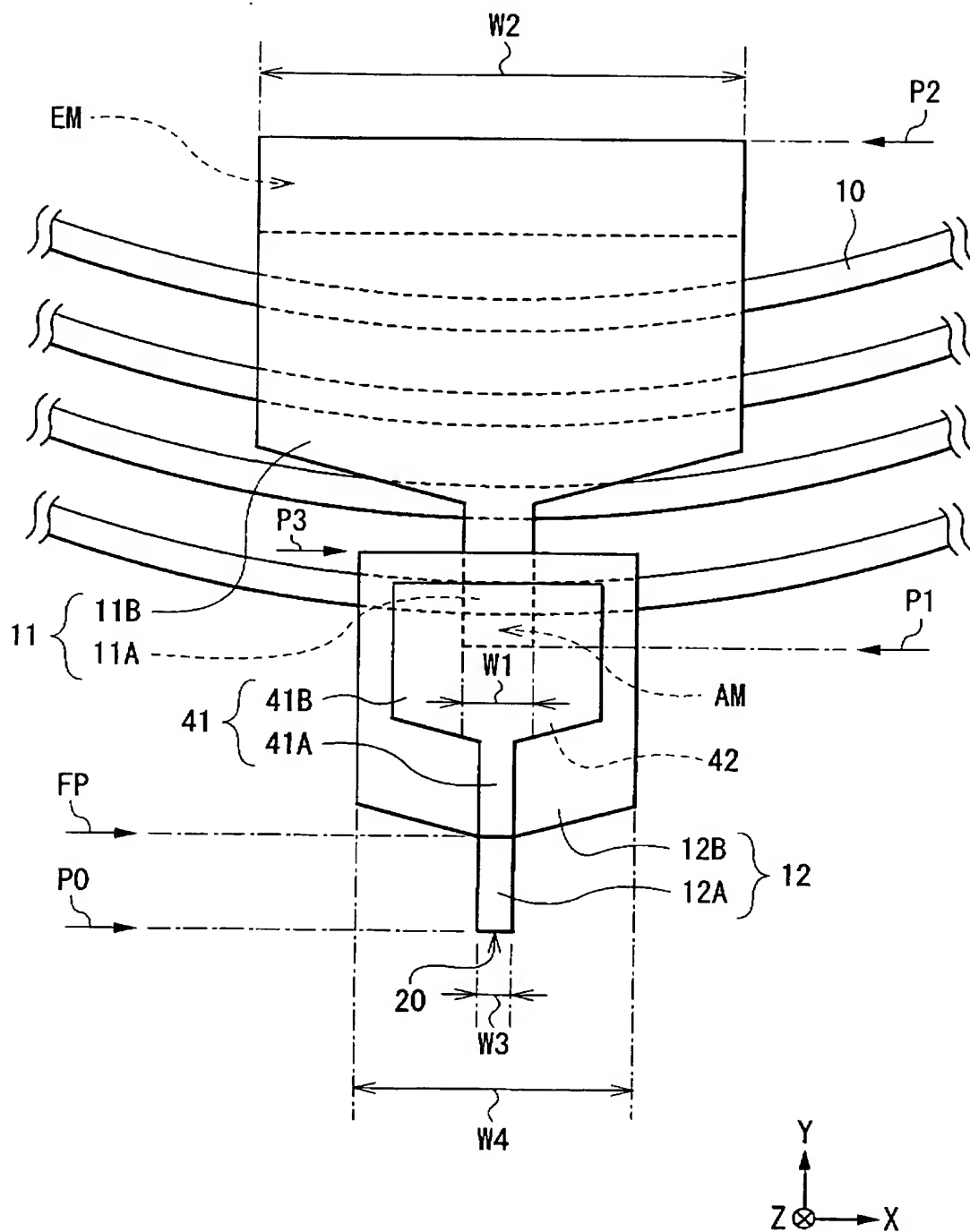


【図 13】

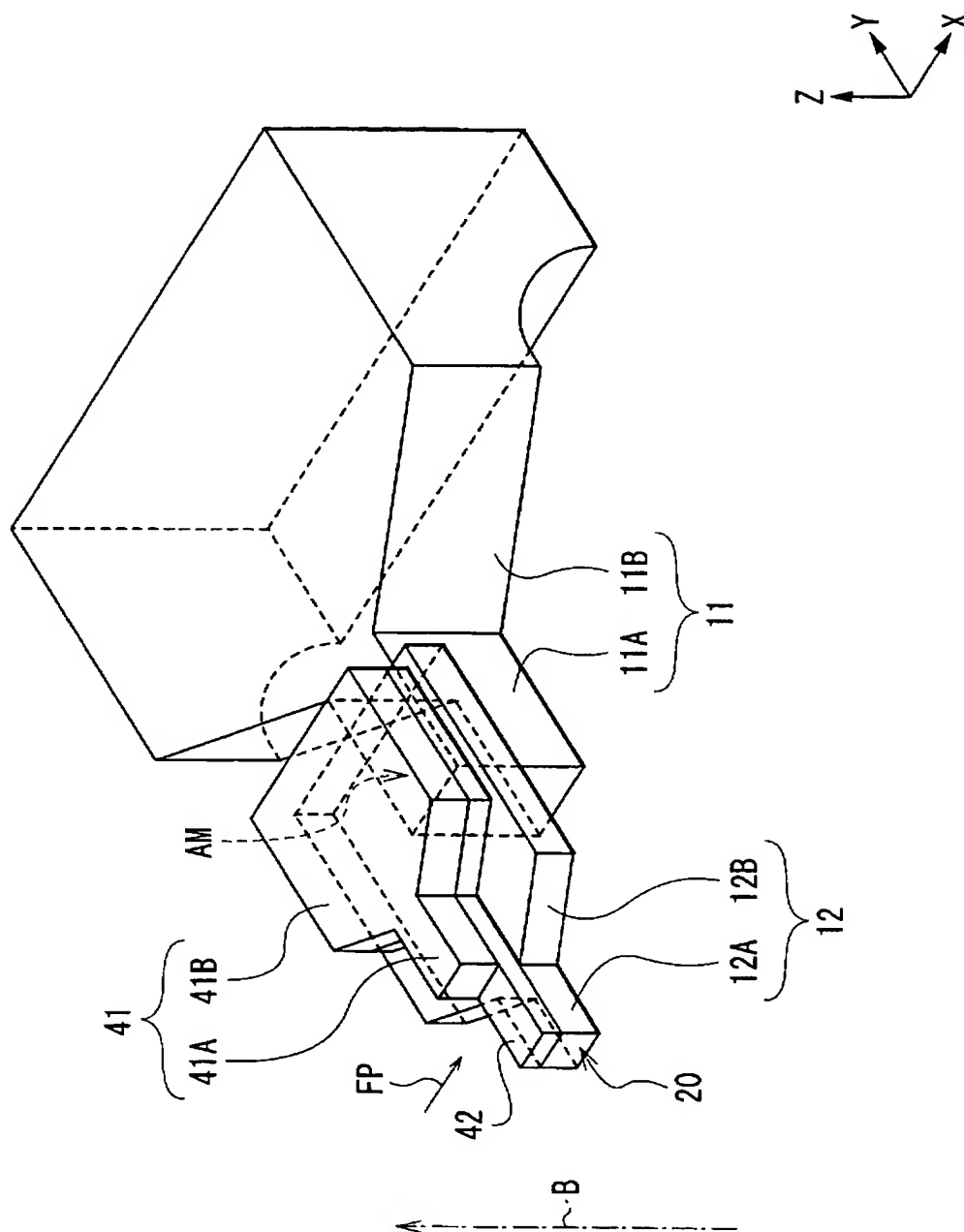




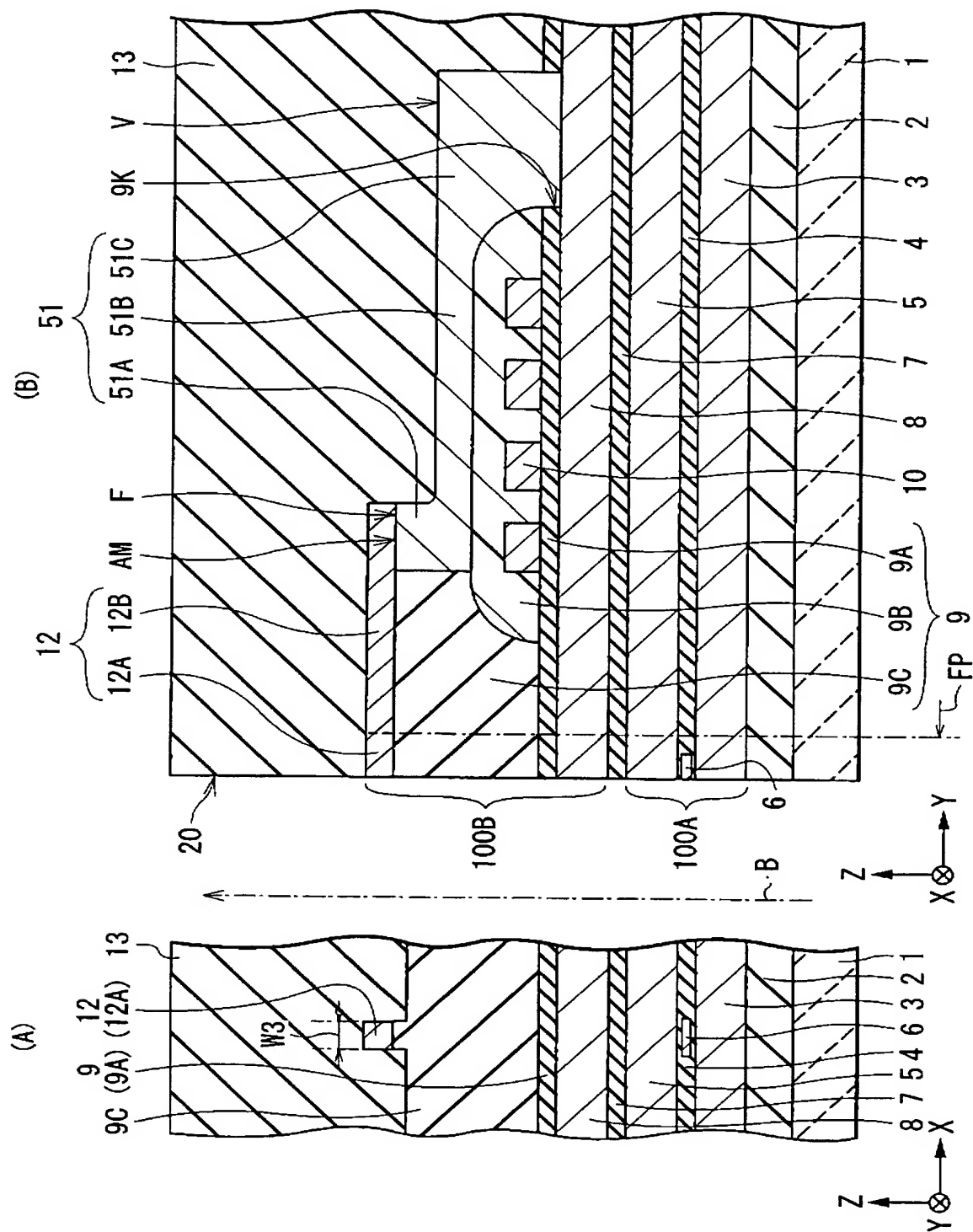
【図 14】



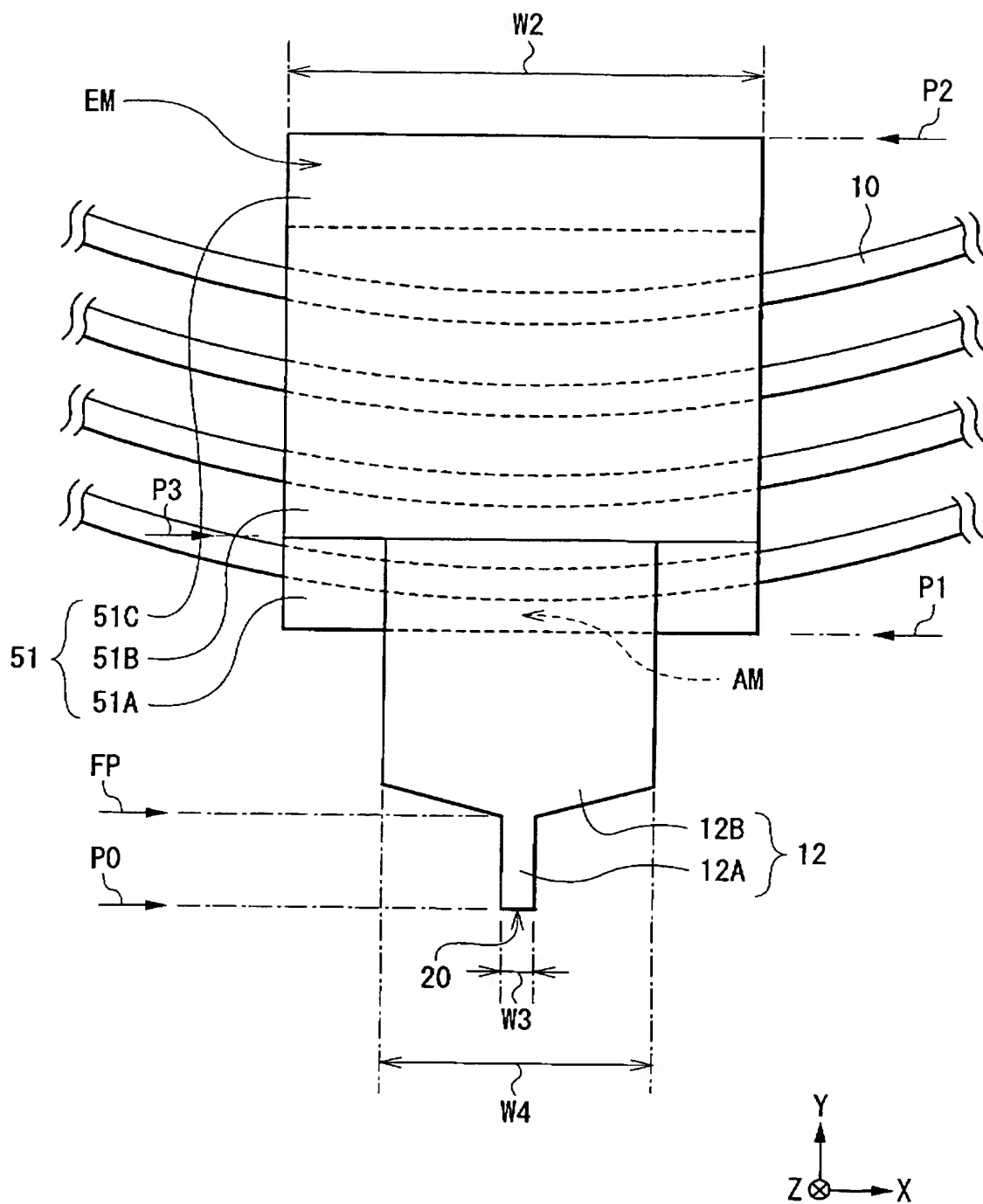
【図 15】



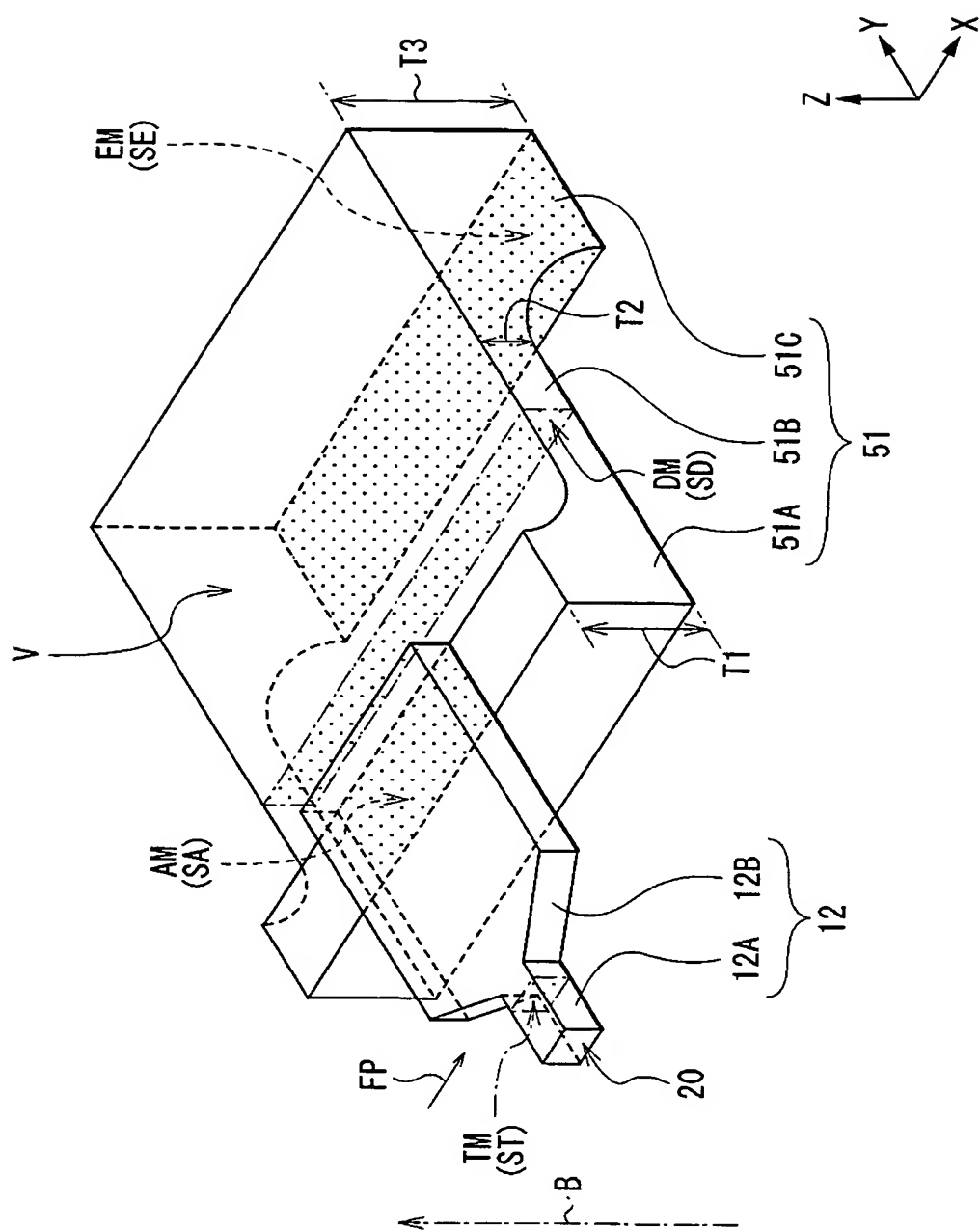
【図 16】



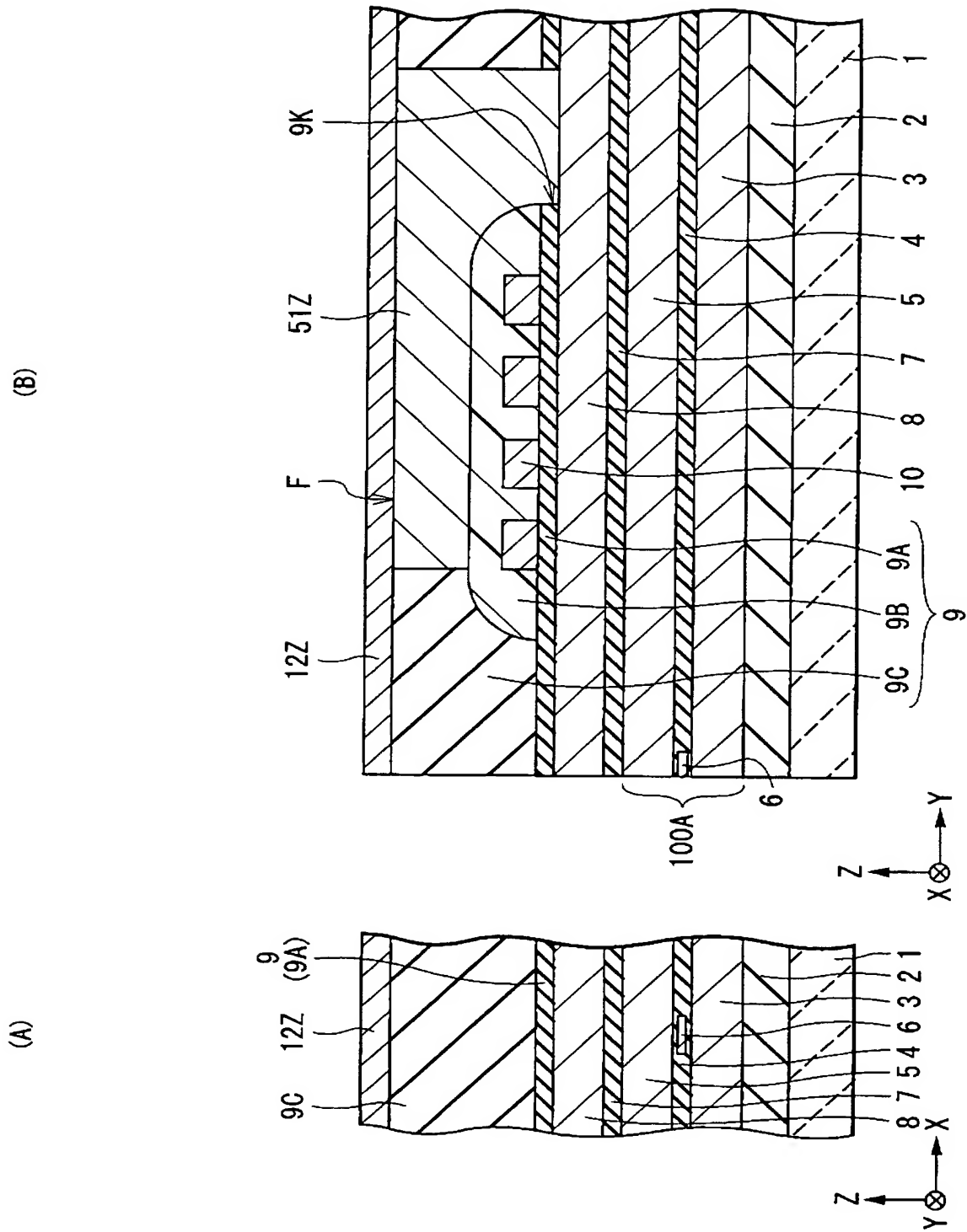
【図 17】



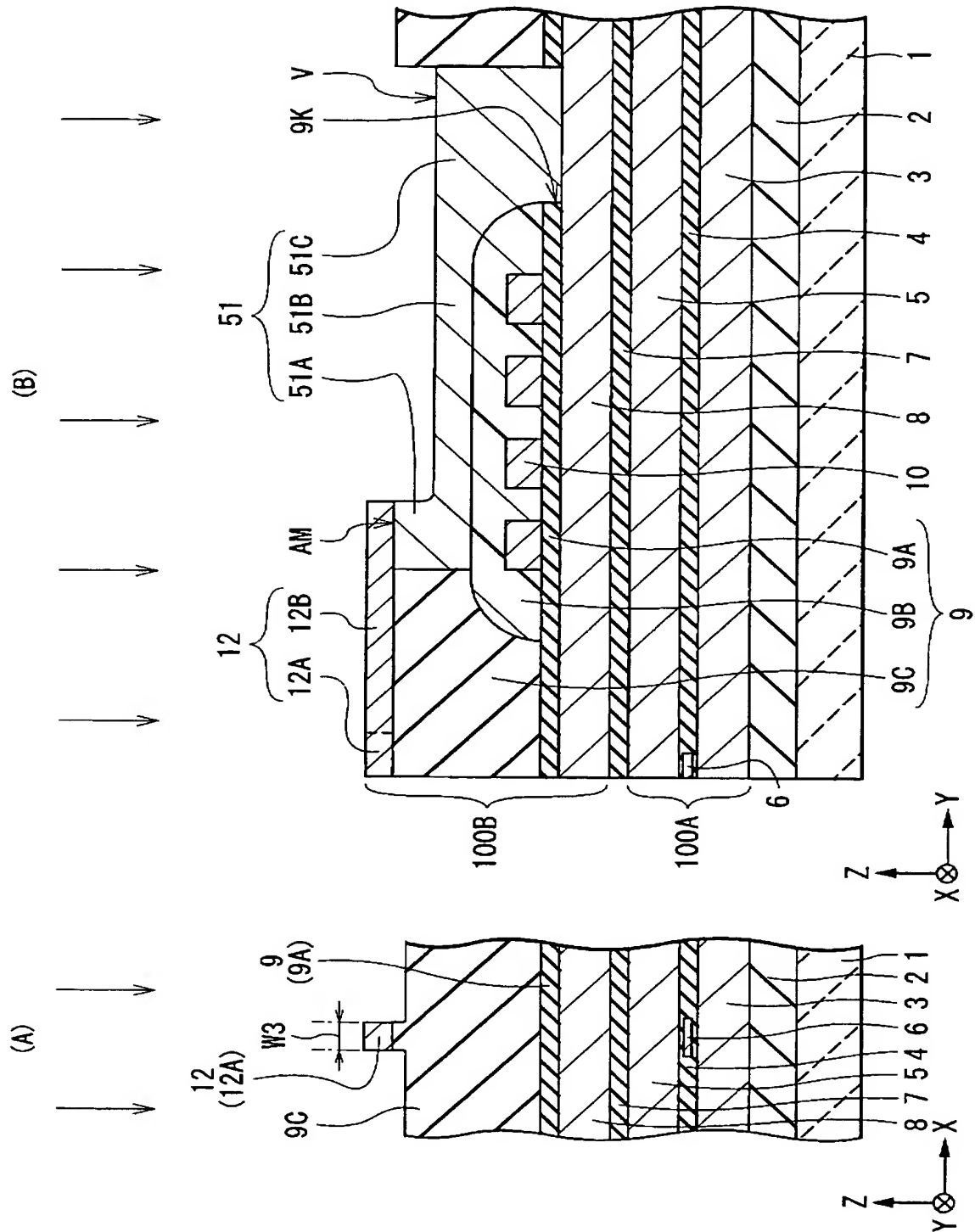
【図 18】



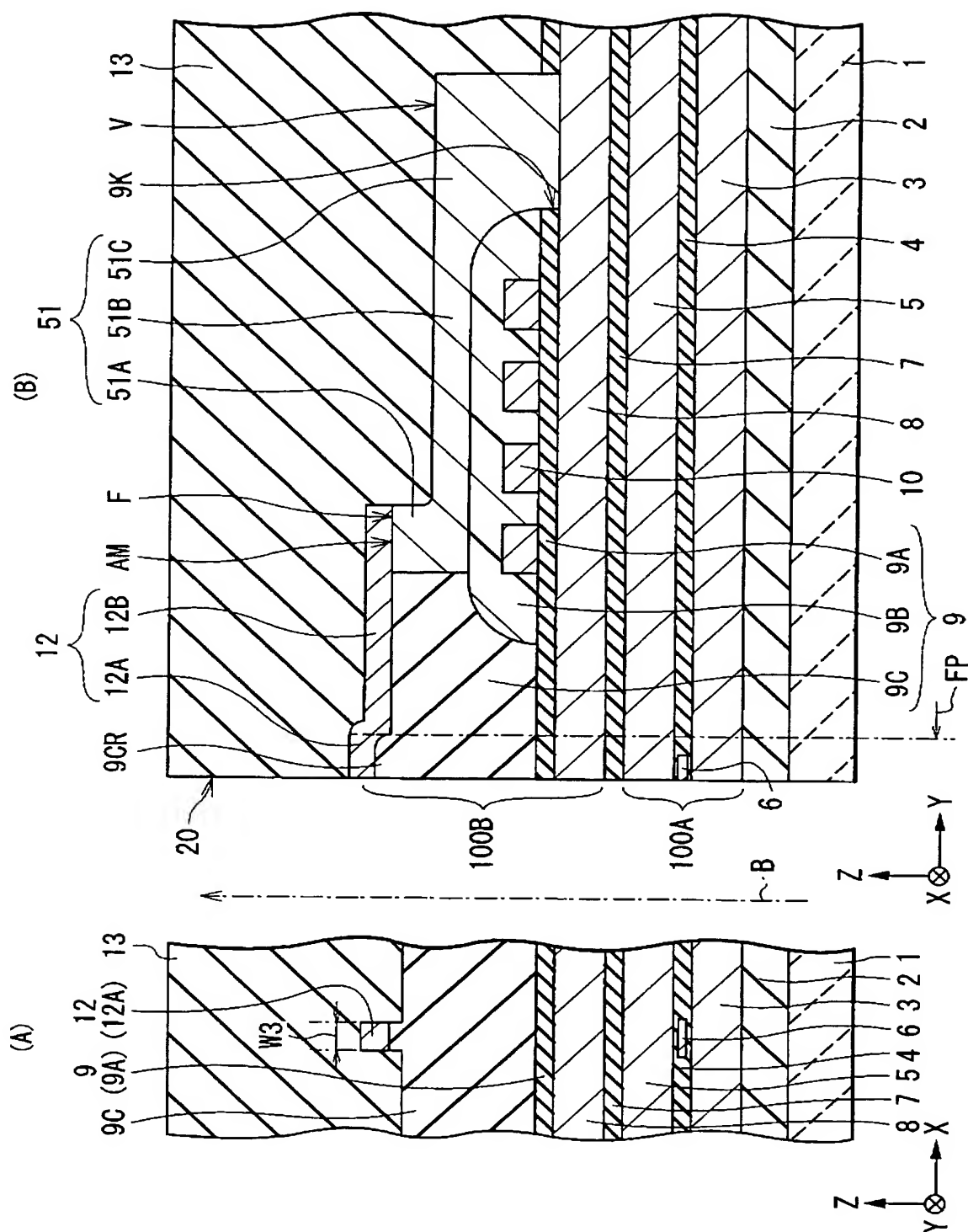
【図 19】



【図 20】

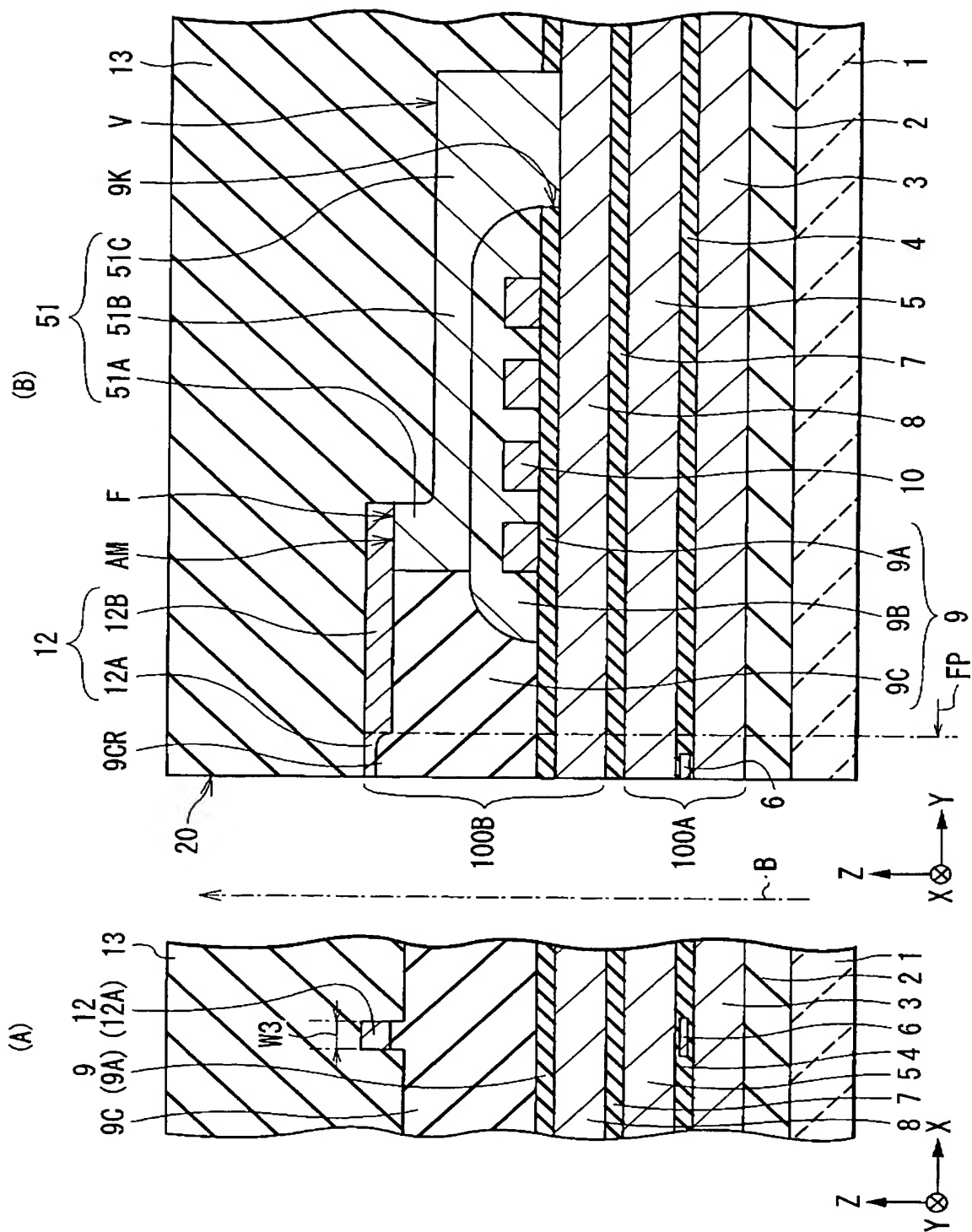


【図 21】

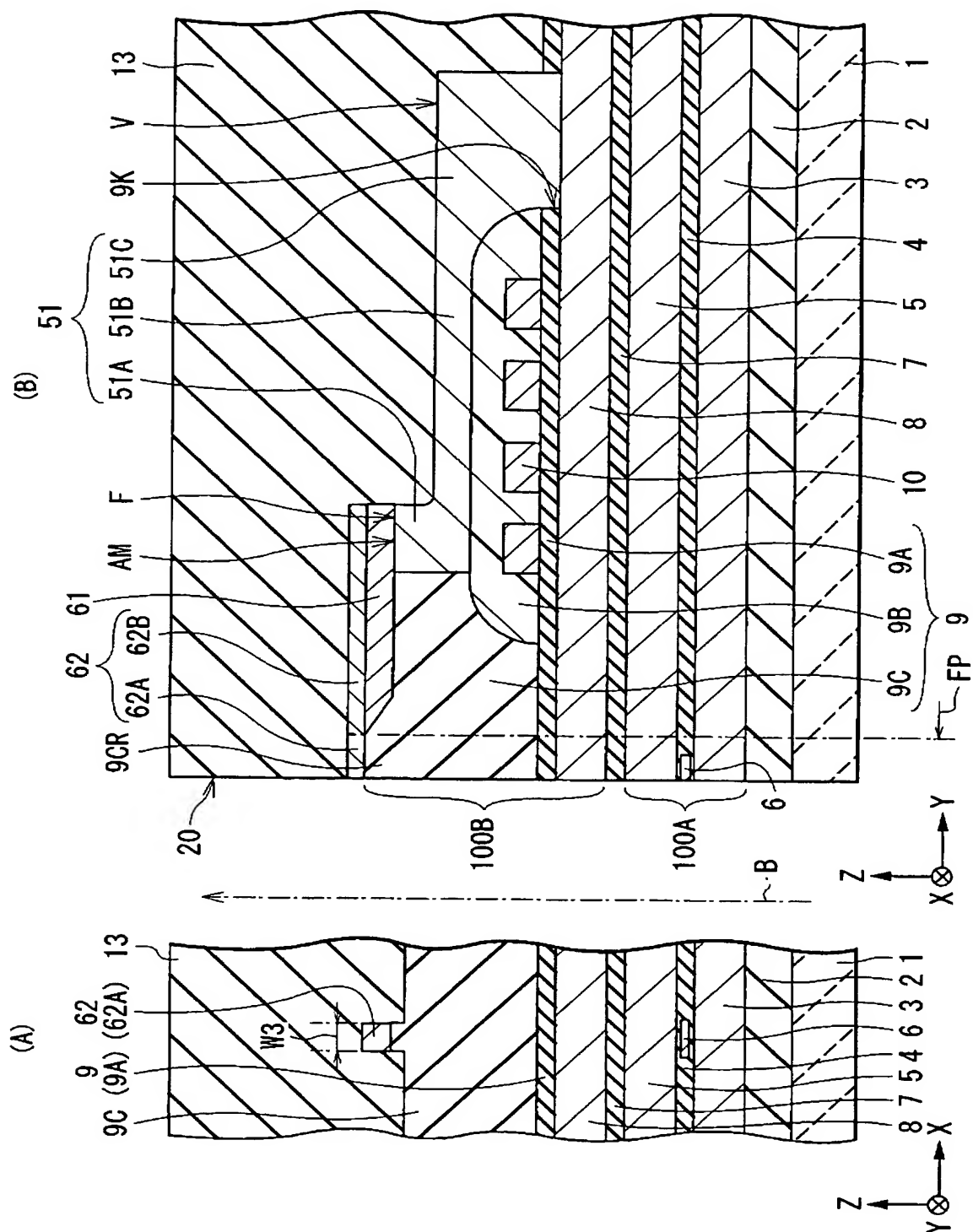




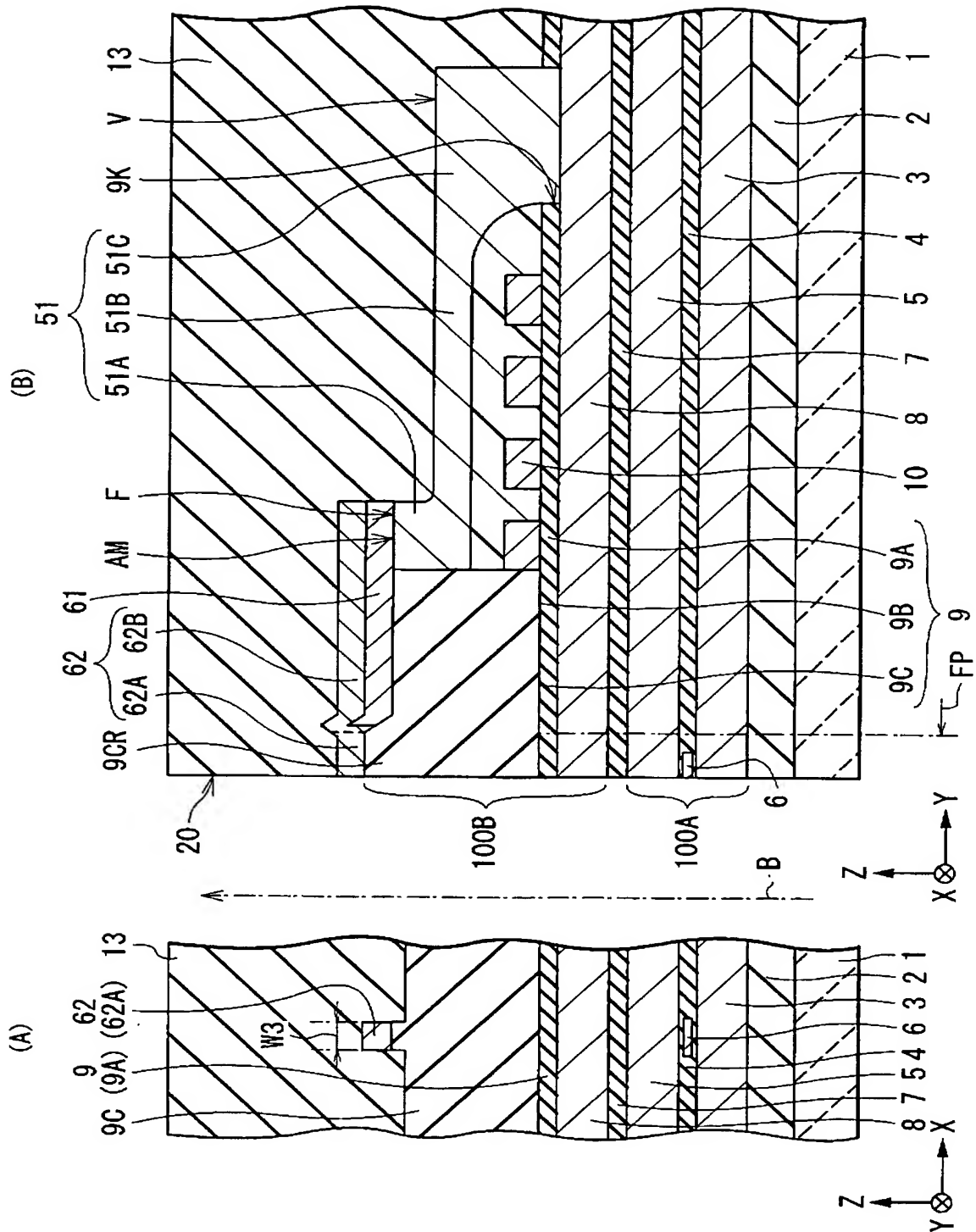
【図 22】



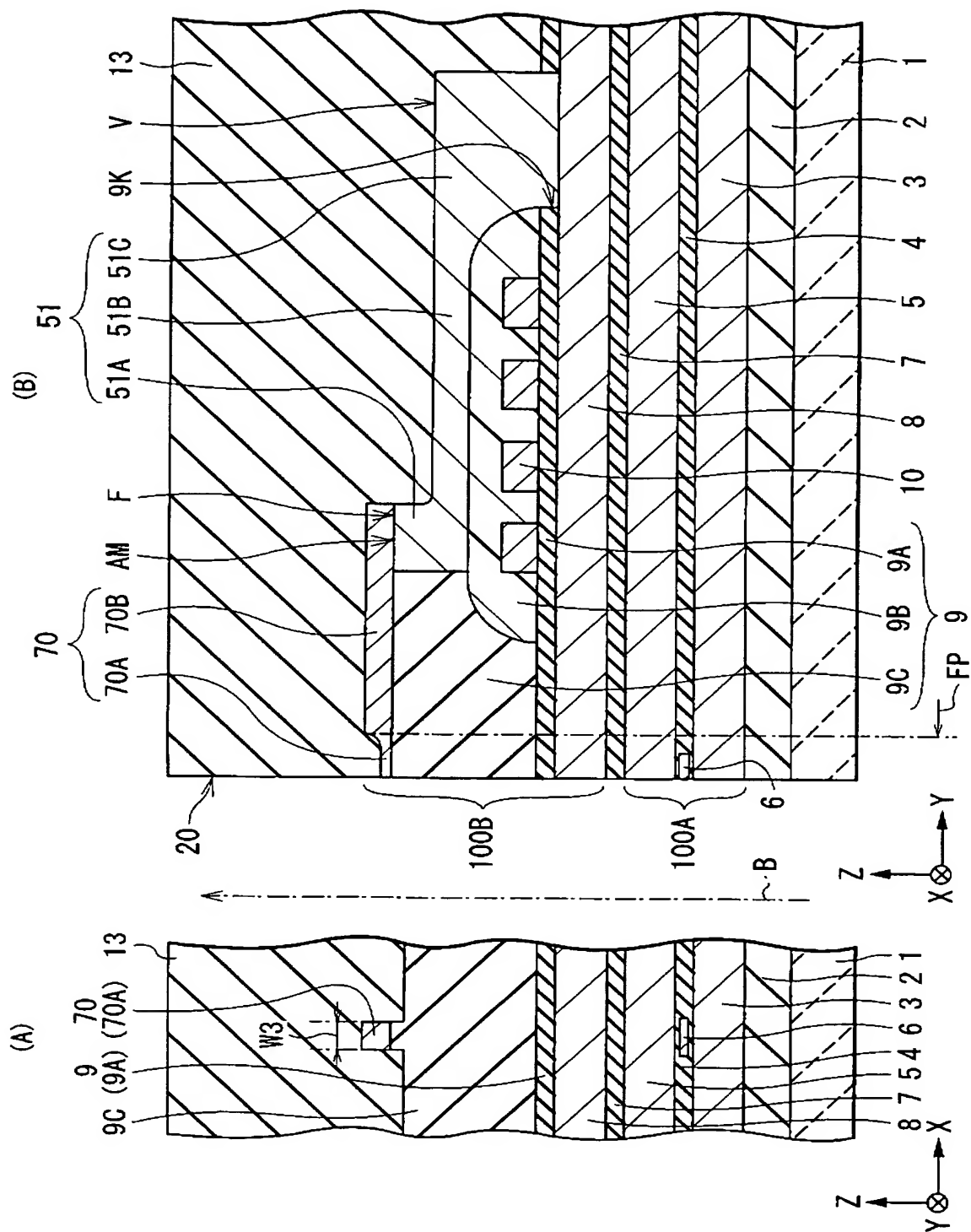
【図 23】



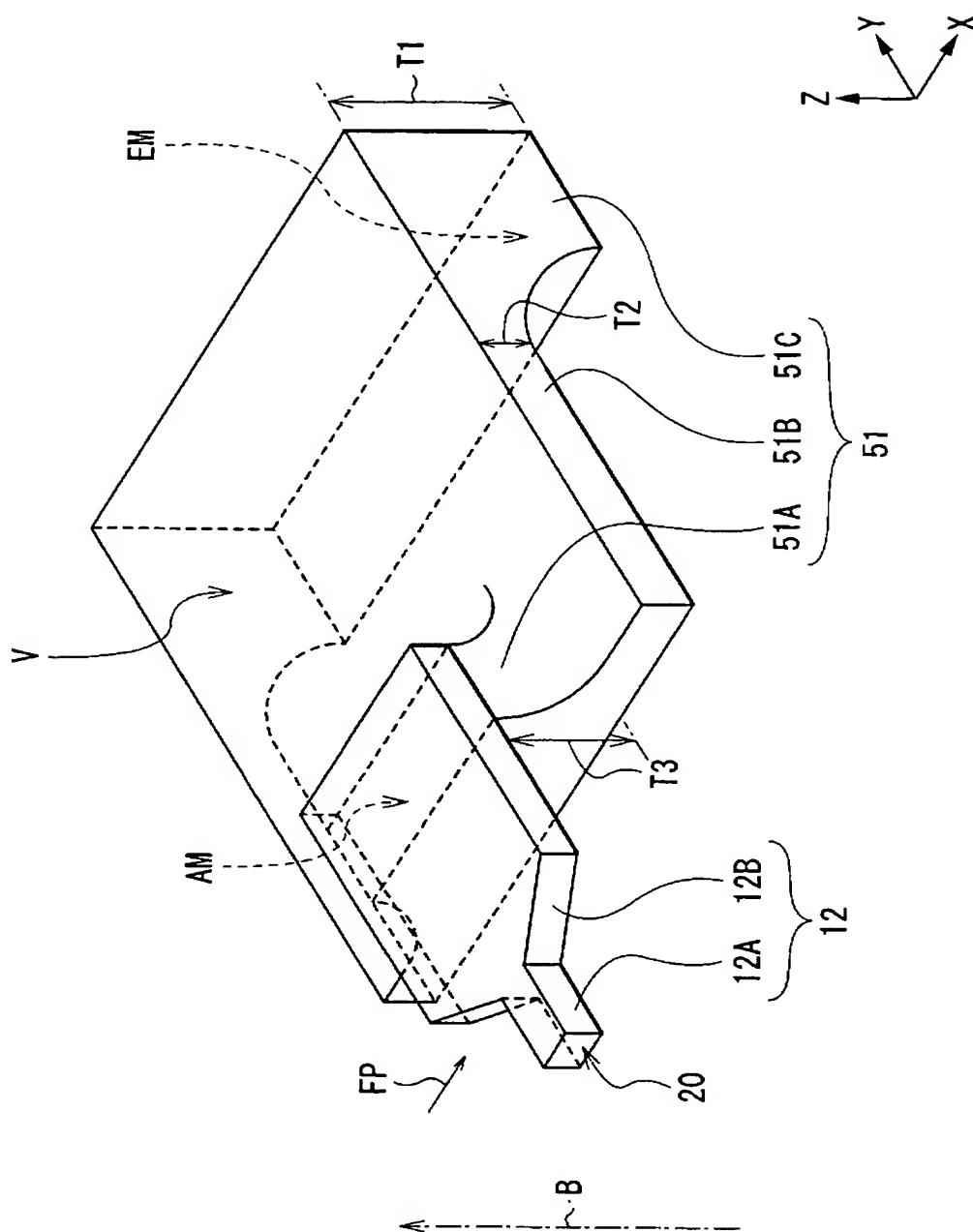
【図 24】



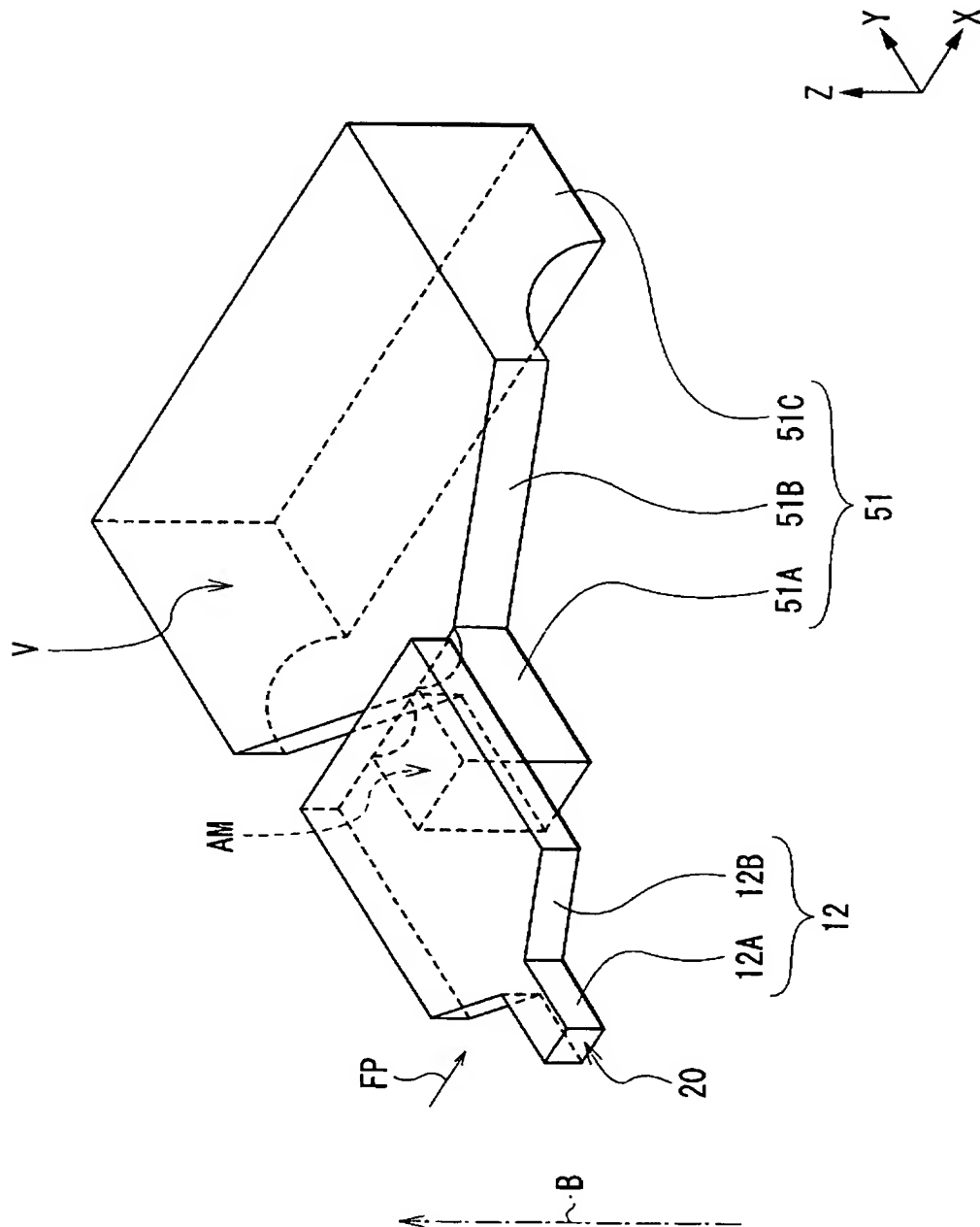
【図 25】



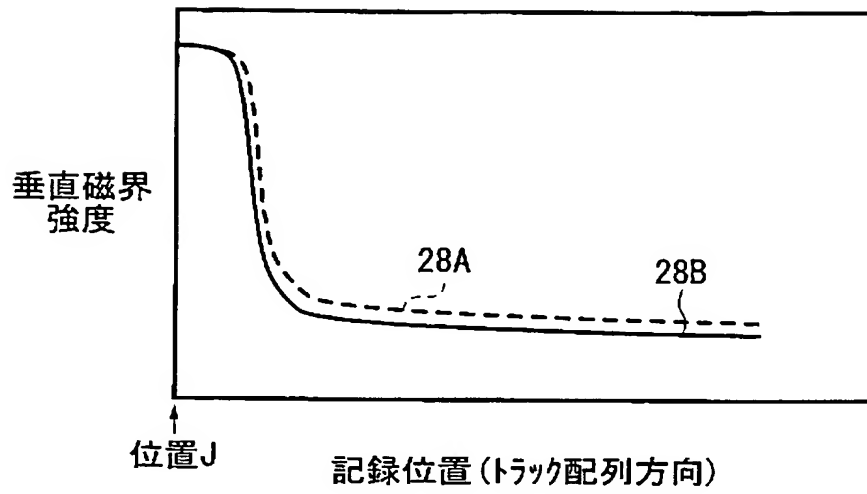
【図 26】



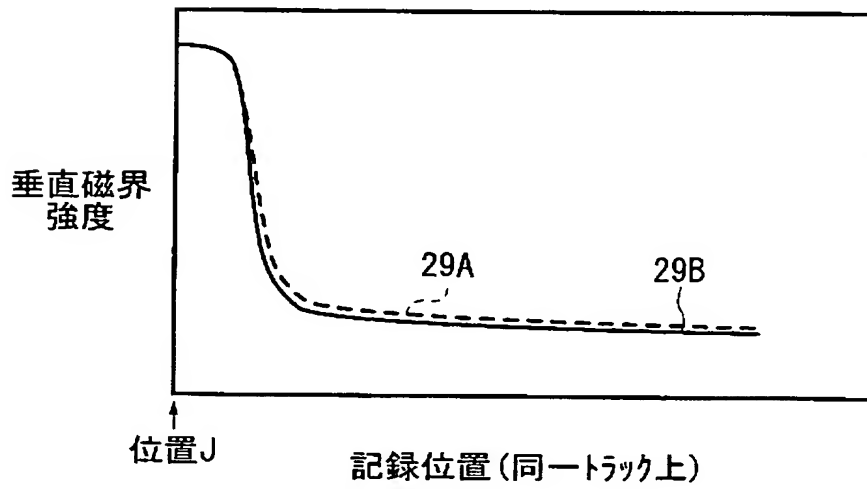
【図 27】



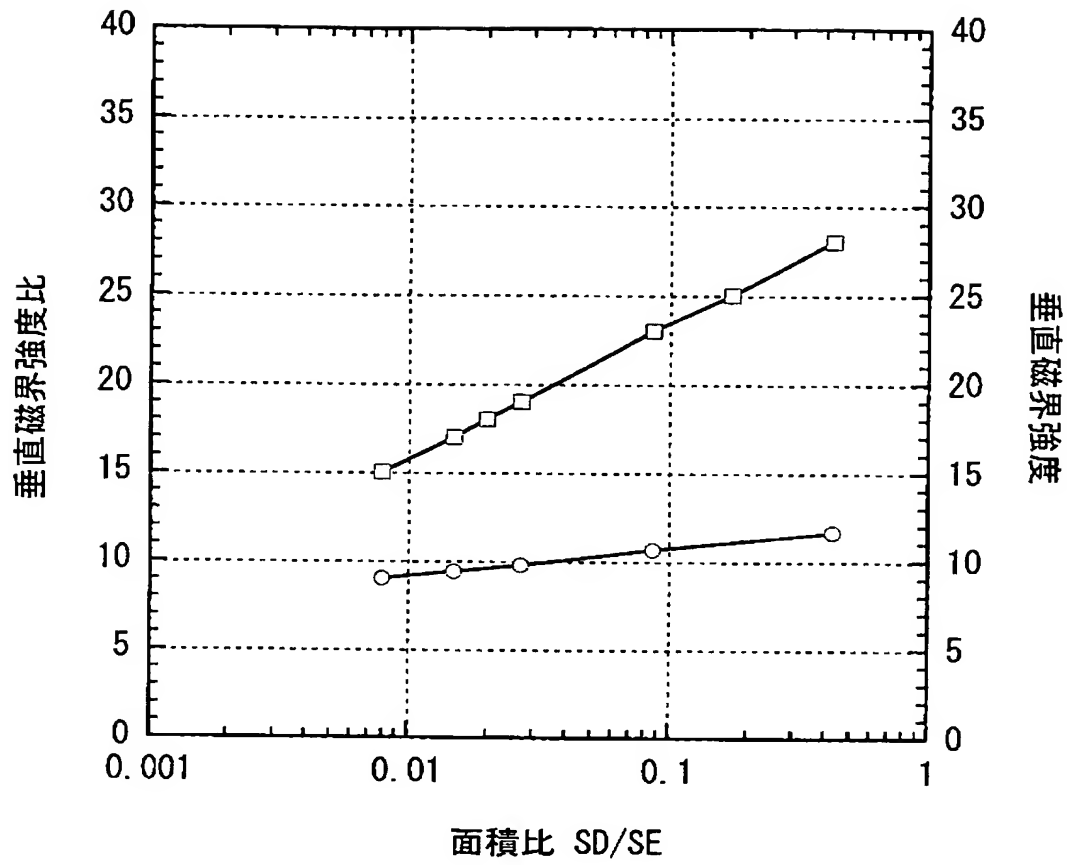
【図 28】



【図 29】



【図 30】





【書類名】 要約書

【要約】

【課題】 ヨーク層から磁極層に至る磁束の流れを適正に制御し、記録時における意図しない情報の上書きを防止することが可能な薄膜磁気ヘッドを提供する。

【解決手段】 ヨーク層 11 の一部と磁極層 12 の一部とが接続面 AM において接続されるように、垂直記録方式の薄膜磁気ヘッドを構成する。ヨーク層 11 に収容された大量の磁束が接続面 AM を通じて磁極層 12 に流入する際、その大量の磁束が接続面 AM において絞り込まれるため、磁極層 12 の先端部 12A に過剰な磁束が供給されずに、適正な量の磁束が供給される。したがって、接続面 AM における磁束の絞り込み作用を利用して、ヨーク層 11 から磁極層 12 に至る磁束の流れが適正に制御されるため、記録時における意図しない情報の上書きが防止される。

【選択図】 図 3

## 認定・付加情報

特許出願の番号 特願 2002-327164  
受付番号 50201701103  
書類名 特許願  
担当官 塩野 実 2151  
作成日 平成14年11月25日

## &lt;認定情報・付加情報&gt;

## 【特許出願人】

【識別番号】 500393893  
【住所又は居所】 香港新界葵涌葵豊街38-42号 新科工業中心  
【氏名又は名称】 新科實業有限公司

## 【特許出願人】

【識別番号】 000003067  
【住所又は居所】 東京都中央区日本橋1丁目13番1号  
【氏名又は名称】 ティーディーケイ株式会社

## 【代理人】

申請人

【識別番号】 100109656  
【住所又は居所】 東京都新宿区新宿1丁目9番5号 大台ビル2階  
翼国際特許事務所  
【氏名又は名称】 三反崎 泰司

## 【代理人】

【識別番号】 100098785  
【住所又は居所】 東京都新宿区新宿1丁目9番5号 大台ビル2階  
翼国際特許事務所  
【氏名又は名称】 藤島 洋一郎

次頁無

特願 2 0 0 2 - 3 2 7 1 6 4

出 願 人 履 歷 情 報

識別番号

[ 5 0 0 3 9 3 8 9 3 ]

1 . 変更年月日

2 0 0 0 年 8 月 2 2 日

[変更理由]

新規登録

住 所

香港新界葵涌葵豐街 3 8 - 4 2 號 新科工業中心

氏 名

新科實業有限公司

特願 2 0 0 2 - 3 2 7 1 6 4

出 願 人 履 歴 情 報

識別番号

[ 0 0 0 0 0 3 0 6 7 ]

- |           |                          |
|-----------|--------------------------|
| 1 . 変更年月日 | 1 9 9 0 年    8 月 3 0 日   |
| [変更理由]    | 新規登録                     |
| 住 所       | 東京都中央区日本橋 1 丁目 1 3 番 1 号 |
| 氏 名       | ティーディーケー株式会社             |
|           |                          |
| 2 . 変更年月日 | 2 0 0 3 年    6 月 2 7 日   |
| [変更理由]    | 名称変更                     |
| 住 所       | 東京都中央区日本橋 1 丁目 1 3 番 1 号 |
| 氏 名       | T D K 株式会社               |